

Aus dem Institut für Pflanzenernährung
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Direktor: Professor Dr. phil. Hans Linser

**Die Entwicklung des Rohfett-, Rohfaser-, Kohlenhydrat-
und Mineralstoffgehaltes sowie der Phosphor-Fractionen
im Verlaufe einer Vegetationsperiode von Sommerweizen**

Dissertation

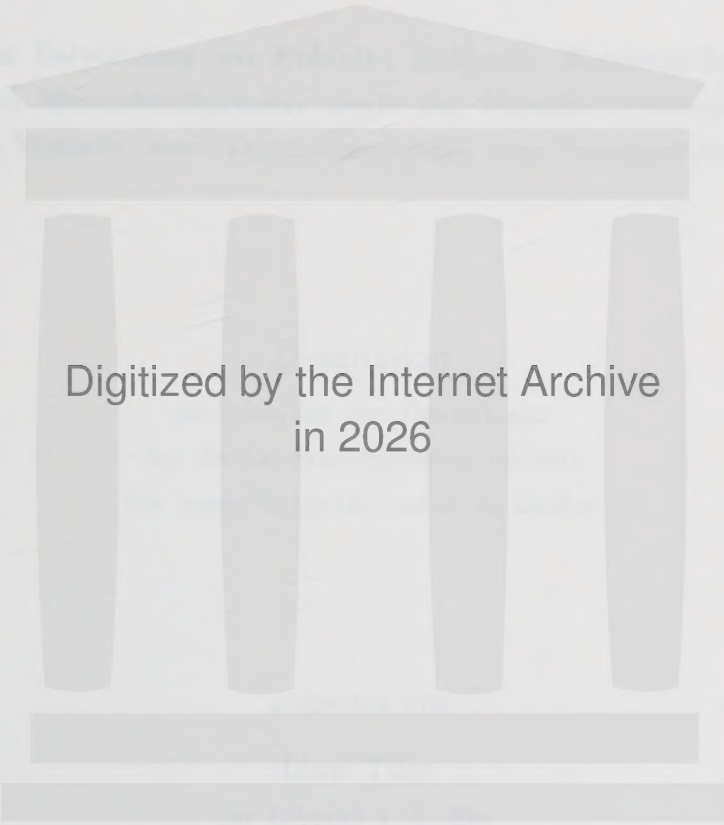
zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

eingereicht von

Liane Titze
aus Lobositz a. d. Elbe

Gießen, im Dezember 1969

1970



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Pflanzenernährung
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Direktor: Professor Dr. phil. Hans Linser

**Die Entwicklung des Rohfett-, Rohfaser-, Kohlenhydrat-
und Mineralstoffgehaltes sowie der Phosphor-Fractionen
im Verlaufe einer Vegetationsperiode von Sommerweizen**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

eingereicht von

Liane Titze

aus Lobositz a. d. Elbe

Gießen, im Dezember 1969



Dekan: Prof. Dr. F. Großmann

1. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Linser

2. Berichterstatter: Prof. Dr. W. Jahn

Tag der mündlichen Prüfung: 30.1.1970

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A Einleitung und Problemstellung	1
B Literaturübersicht zur Problemstellung	5
C Erstellung des Versuchsmaterials	13
1. Der Vegetationsversuch	13
2. Die Frischsubstanzbildung	15
3. Die Trockenmassebildung	20
D Stoffbildung im Verlaufe der Vegetation	22
1. Der Wassergehalt	22
2. Der Rohfettgehalt	26
3. Der Rohfasergehalt	30
4. Der Gehalt an gesamthydrolysierbaren Kohlenhydraten	34
E Diskussion der Versuchsergebnisse	39
F Gehalt an Mineralstoffen im Verlaufe der Vegetation	51
1. Die Gesamtasche	51
2. Das Kalium	55
3. Das Calcium	57
4. Das Magnesium	59
5. Das Natrium	61
6. Der Phosphor	63
7. Das Eisen	66
8. Das Mangan	67
G Diskussion der Ergebnisse	71
H Ermittlung der Phosphor-Fractionen im Verlaufe der Vegetation	79
I Diskussion der Ergebnisse	92
1. Die Nukleinsäure-P-Fraktion	92
2. Die Phosphatid-Fraktion	96
3. Die Fraktion des anorganischen	

	Seite
Phosphats und Phytins	99
J Zusammenfassung	100
K Literaturverzeichnis	104
L Anhang (Tabellen)	

A Einleitung und Problemstellung

Die Forderung der modernen Ernährungswissenschaft an die Landwirtschaft lautet heute nicht mehr Massenerzeugung, sondern Qualitätserzeugung. Zur Verwirklichung dieser Forderung muß die landwirtschaftliche Forschung ihre Arbeitsweise neu orientieren. Ihr Blick richtete sich bisher ausschließlich auf das Ertragsgut selbst, ohne zu beachten, daß dieses Ertragsgut das Ergebnis eines Wachstumsprozesses ist. Es ist daher unumgänglich, den eigentlichen Prozeß der Ertragsbildung in der Pflanze zu studieren. Erst dann ergeben sich neue Möglichkeiten einer gezielten Steuerung der Ertragsbildung, denn Menge und Qualität des Ertragsgutes werden durch die Syntheseleistungen der Pflanze vor der Ernte bestimmt. Es ist daher nötig, chemische Analysen nicht nur am Ertragsgut selbst, sondern auch während des Prozesses der Ertragsbildung durchzuführen. Es soll u.a. die Aufgabe der vorliegenden Dissertation sein, einen Einblick in die Zusammensetzung der Pflanze im Verlaufe ihres Wachstums zu geben.

Jede Zelle, und damit auch der vielzellige Organismus der höheren Pflanze, besteht nach Linser (1967) aus zwei verschiedenen Gruppen von Strukturen, aus dem "lebenden System" und aus den "Produkten". Das lebende System der Zelle umfaßt jene Strukturteile, die zur Reduplikation und zur Durchführung des Stoffwechsels befähigt sind. Räumlich eng verbunden mit diesem System sind die Produkte, die in Form von Reservestoffen, Zeleinschlüssen, Zellwandbestandteilen, usw. vorliegen. Abbildung 1 soll vereinfacht die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Zellbestandteilen wiedergeben. Aus der Abbildung geht hervor, daß das lebende System zur Aufrechterhaltung seiner Funktionen einen bestimmten Anteil an Stützsubstanzen sowie an Reservestoffen benötigt. Daneben erzeugt das System, sei es aus aufge-

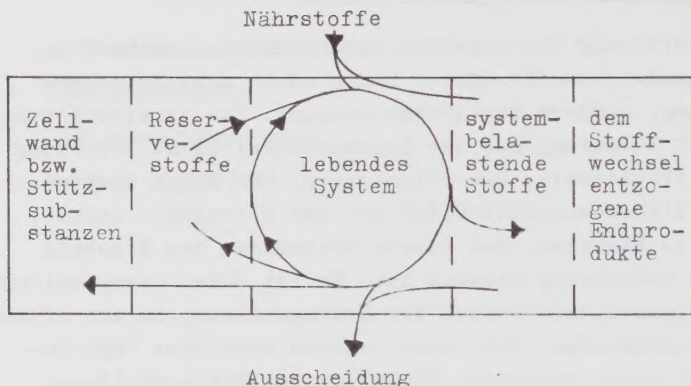


Abb.1 Stoffwechselschema einer pflanzlichen Zelle
aus "Medizin heute" 6, 6, 1957

nommener Nahrung, sei es aus dem eigenen Metabolismus, Stoffe, die keine positive Funktion für das System besitzen. Diese Stoffe müßten von der Pflanze ausgeschieden werden. Da der Pflanze aber größtenteils die Sekretionsmöglichkeiten fehlen, kommt es zu einer Anhäufung solcher für die Pflanze überflüssiger Produkte.

Die in der Zelle vorhandenen Komponenten liegen in einer bestimmten Mengenrelation

System : Stützstruktur : Reservestoff : systembelastenden
Stoffe : auszuschheidende Stoffe

vereinfacht

System : Produkt

vor. Wie aus einer Veröffentlichung von Linser, Lach und Titze (1968) hervorgeht, handelt sich es hierbei um kein konstantes Verhältnis; es ändert sich vielmehr im Verlaufe der Vegetation, d.h. es besitzt eine Zeitgestalt, Abb.2.

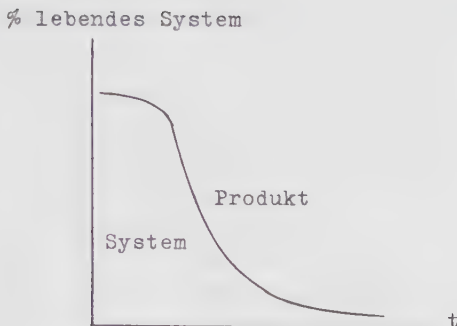


Abb.2 Das Verhältnis von System : Produkt im Verlaufe des Wachstums der Pflanze

Diese Zeitgestalt kommt nur dadurch zustande, daß dem System optimale Lebensbedingungen fehlen. Würden ihm die Nährstoffe von außen nur in den Mengen angeboten, die es gerade zur Selbstreduplikation benötigt, so müßte die Ausgangsrelation System : Produkt erhalten bleiben. Nur ein Überangebot an Nährstoffen veranlaßt den Stoffwechsel zur Synthese von überflüssigen Stoffen, die mit der Zeit überhand nehmen und das System schließlich zerstören. Für den sinnvollen Einsatz von Nährstoffen ist es daher unumgänglich, Ergebnisse über die ursprüngliche Zusammensetzung der Pflanze bzw. über das ursprüngliche Verhältnis von System und Produkt zu ermitteln.

Wie bereits die Arbeiten an Weizen und Ölrettich (Linser, Lach und Titze, 1968) zeigten, gliedert sich das Wachstum der Pflanzen in drei Perioden:

1. Systemzuwachs, beginnende Produktsynthese
2. Systemkonstanz aber Produktzunahme
3. Systemabnahme, Produktkonstanz

Gesamtgewicht pro Pflanze

Zuwachs pro Zeiteinheit

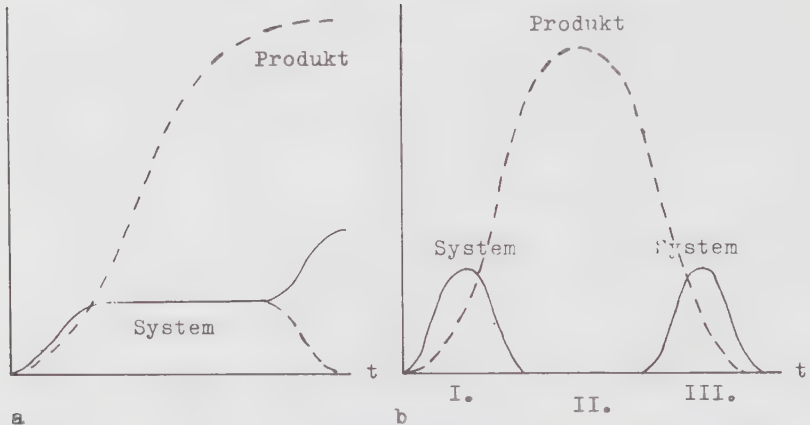


Abb.3 Schematische Darstellung der drei Wachstumsphasen, Linser (1969)

a Menge an System und Produkt pro Pflanze in Abhängigkeit von der Zeit.

b Zuwachs an System und an Produkt pro Zeiteinheit in Abhängigkeit von der Zeit: I vegetative Reduplikationsphase, II Produktionsphase, III generative Reduplikationsphase

Die Pflanze vermehrt zunächst ausschließlich ihr System. Dieses Systemwachstum wird aber schnell durch ungünstiges Nährstoffangebot infolge der nun einsetzenden Produktsynthese eingeschränkt und schließlich ganz unterdrückt. Der Umfang der Produktsynthese ist eine Funktion der anfangs aufgebauten Systemkapazität. Je optimaler demnach die Wachstumsbedingungen für die Pflanze zur Zeit des Systemwachstums gestaltet würden, desto länger könnte die Periode des Systemwachstums erhalten bleiben, desto größer wäre dann die Synthesekapazität des Systems, desto optimaler die Ertragsbildung.

Dieser Ausdehnung des Systemwachstums sind natürlich

genetische Grenzen gesetzt, doch wäre es sinnvoll, den Zeitpunkt bzw. die Ursachen, die exogen diese Umfunktionierung des Stoffwechsels steuern, experimentell zu ermitteln.

In der Arbeit von Linser, Lach und Titze (1968) wurde der Gehalt der Pflanzen an lebendem System - als Maß kann der Reineiweißgehalt gelten - bestimmt. Die jeweilige Differenz zu 100 wurde als Produkt der Pflanze bezeichnet. In der vorliegenden Arbeit soll zunächst der Versuch unternommen werden, einen Teil der in der Pflanze vorliegenden Stoffgruppen mengenmäßig im Verlaufe einer Vegetation zu ermitteln. Weiterhin soll ihre Produkt- bzw. Systemzugehörigkeit identifiziert werden.

Da mit Sicherheit die Nährstoffversorgung einen Einfluß auf den Zeitpunkt der Umsteuerung vom Systemwachstum zum Produktwachstum hat, wurde als Parameter eine unterschiedliche N-Versorgung in die Untersuchung aufgenommen. Eine Erhöhung des N-Angebotes müßte zu einer Intensivierung des Eiweißstoffwechsels führen, so daß eine Verschiebung der Relation N-haltiger : N-freier Inhaltsstoffe resultieren müßte, da die N-freien Kohlenhydrate vermehrt zu Aminierungs- und Transaminierungsvorgängen verbraucht werden könnten. Durch die Vermehrung der makromolekularen, hydratisierbaren Strukturen käme es sekundär zu einer Erhöhung des Wassergehaltes der Pflanzen.

Die experimentell ermittelten Ergebnisse sollen auch im Hinblick auf diese Vermutungen ausgewertet werden.

B Literaturübersicht zur Problemstellung

Da die vorliegenden Untersuchungen auf einer relativ neuen Problemstellung basieren, können sie sich gedanklich nur auf wenige Veröffentlichungen stützen.

Die Grundgedanken der Theorie von "lebendem System" und "Produkt" hat Linser (1952) in "Problem des Todes" umrissen. Den Abschnitt 4 dieses Buches widmet Linser der Frage "Was ist Leben?" Hier taucht zum erstenmal der Begriff der "lebenden Substanz" auf, die der Träger des Lebens ist. Diese "lebende Substanz" besteht aus einem bestimmten Material, das aber nicht charakteristisch für das Leben ist, da es im Tode ebenfalls vorliegt. Entscheidend ist vielmehr die Struktur, die Leben und Tod unterscheidet. Weiterhin ist von Bedeutung, daß es sich bei dieser lebenden Substanz um keine einfach räumliche, sondern um eine räumlich-zeitliche Struktur handelt.

Charakteristikum der Struktur der lebenden Substanz ist es, daß sich an ihr viele Stoffwechselvorgänge abspielen, daß sie aber ihre Struktur beibehält. Allerdings erleidet die Struktur eine ständige Erneuerung. Das System entnimmt der aufgenommenen Nahrung Stoffe, die Baumaterial für das System darstellen, so daß es stets seine Ausgangsform wieder erhält. Dies geschieht alles in Form von Kreisprozessen. "Das Material rinnt gewissermaßen im Lauf der Zeit durch das lebende System hindurch und wechselt unablässig. Sich selbst gleich aber bleibt die in den Kreisprozessen schwingende Struktur der lebenden Substanz." Kennzeichen der lebenden Substanz sind demnach: 1. die Kreisprozesse

2. das Bestreben die ursprüngliche Struktur beizubehalten bzw. wieder herzustellen
3. die Vielfalt der Prozesse, die an der Struktur ineinandergreifen und zusammenwirken.

Zur Aufrechterhaltung der Struktur benötigt das System Energie, sonst unterliegt es der Autolyse.

Der Begriff des "lebenden Systems" wird von dem Autor

oft an Stelle der "lebenden Substanz" verwendet, es wird jedoch keine Definition gegeben.

In dem 6. Kapitel befaßt sich Linser mit dem Altern der lebenden Substanz. Zunächst trifft er die Feststellung, daß die Oberflächenschichten lebender Systeme kolloidale Natur haben, d.h., daß sich die Durchlässigkeit dieser Schichten mit zunehmendem Alter verringert. Da sowohl Nährstoffe als auch auszuscheidende Stoffwechselendprodukte diese Schichten passieren müssen, kommt es infolge mangelnder Versorgung der Zelle als auch gehemmter Ausscheidung der Endprodukte zu einem Alterungsprozeß. Als entscheidender Faktor des Alterns ist die Ansammlung von Stoffwechselendprodukten anzusehen.

Eine Zelle lebt, solange sie die Lebensfunktionen besitzt. Durch die Alterung werden diese Lebensprozesse eingeschränkt und verlangsamt, bis schließlich durch Zerstörung der Strukturen des lebenden Systems der Tod eintritt. Grund dieser Stoffansammlung in der Zelle ist die mangelnde Ausscheidungsmöglichkeit für die Schlackenstoffe. Da diese auf der Eigenart der pflanzlichen Organismen basiert, bleibt sie dem menschlichen Eingriff unzugänglich. Als Ansatzpunkt bietet sich dem Menschen jedoch der Ernährungsfaktor, denn durch die Ernährung werden dem pflanzlichen Stoffwechsel Nährstoffe zur Verfügung gestellt, die in ihrem Metabolismus verarbeitet werden. Würde man der Pflanze nur solche Stoffe und in solchen Mengen anbieten, die sie gerade zur Selbstvermehrung benötigt, so müßte die Bildung von Schlackenstoffen auf ein Minimum reduziert werden können.

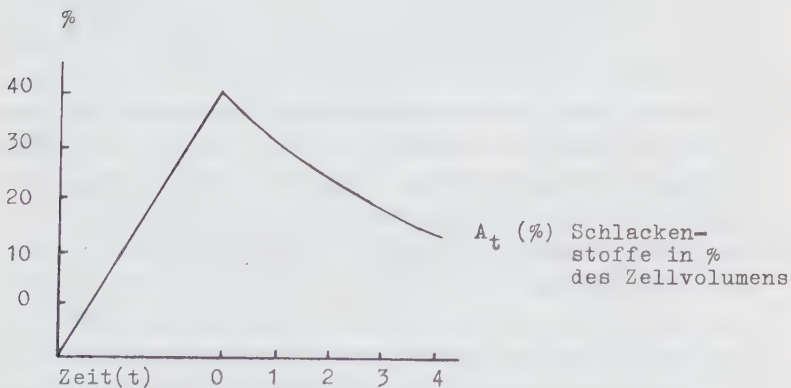
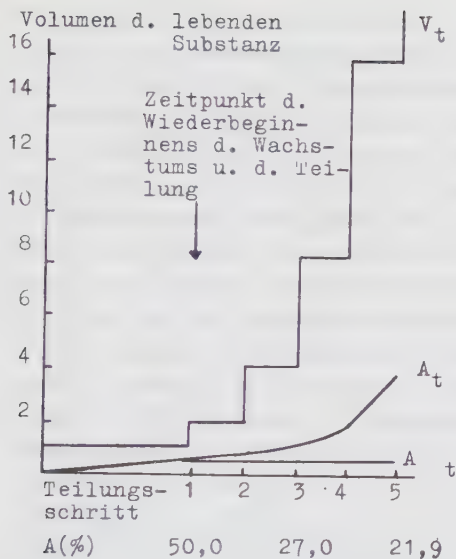
In dem 7. Kapitel spricht Linser von dem exogenen und endogenen Tod. Die Zelle widersetzt sich der schnellen Alterung durch die Vermehrung ihrer eigenen Substanz, da es zu einer Erhöhung der Konzentration der Stoffwechselprodukte nur bei Volumenkonstanz kommen kann.

Die Abnahme der Konzentration der Schlackenstoffe erfolgt proportional der Vermehrung der lebenden Substanz. Eine Vermehrung der lebenden Substanz führt aber gleichzeitig wieder zu einer Steigerung des Stoffwechsels und damit zu einer vermehrten Produktion an Endprodukten. "Es kommt also zu einem Konkurrenzkampf zweier einander entgegengesetzter Faktoren, dessen Ergebnis in dem Alterungsgrad der lebenden Substanz zum Ausdruck kommt".

Das Studium einzelliger Lebewesen zeigt, daß sie potentiell unsterblich sind, wenn sie auf geeignetem Nährmedium wachsen und ständig auf neue Nährböden überimpft werden. Unterbleibt die ständige Überimpfung der Kultur, so treten auch hier Alterungs- und Degenerationerscheinungen auf. Diese beruhen zum einen auf der Ansammlung von Schlackenstoffen bis zu Konzentrationen, die schädlich wirken, zum anderen auf dem Knapperwerden der Nährstoffe, die ein optimales Wachstum gewährleisten. Dieses Beispiel zeigt, daß unter optimalen Bedingungen bei ständiger Vermehrung der lebenden Substanz keine Alterung einsetzt.

Mit Hilfe der Gewebekultur konnte gezeigt werden, daß ausdifferenzierte Gewebe durch bestimmte exogene Impulse wieder zur Teilung angeregt, in den undifferenzierten embryonalen Zustand zurückkehren können. Die erneute Teilung führt zu einer Vermehrung des Zellvolumens und damit zu einer Verminderung der Konzentration der Schlackenstoffe, d.h. es liegt ein Verdünnungseffekt vor.

Aus der folgenden Graphik, Abb.4, geht eindeutig hervor, daß der Alterungsgrad der Zelle proportional der Zeit zunimmt, solange kein Wachstum der lebenden Substanz erfolgt. Setzt das Wachstum wieder ein, so sinkt der Alterungsgrad ab.



Vereinfachte graphische Darstellung des Verhaltens der Ansammlung von Schlackenstoffen bei aussetzendem und dann wieder beginnendem Wachstum sowie Zellteilung (Linser 1952).

V_t = Gesamtmenge an lebendem System

A_t = Gesamtmenge an Schlackenstoffen, die im Laufe der Zeit proportional dem Zellvolumen zunehmen

Die Definition des "lebenden Systems" erscheint erstmals bei Linser (1956). Von der allgemeinen Definition des Lebens als einem charakteristischen Vorgang an charakteristischen Strukturen eines charakteristischen Materials ausgehend, tastet sich der Autor über das Protoplasma als dem Träger der Lebensvorgänge sowie über die Größenordnungen, in denen Leben geschieht, zu der Definition des "lebenden Systems" vor: "Mit der Bezeichnung "lebendes System" wollen wir allein jenes chemisch-physikalische System benennen, welches den Lebensvorgang ermöglicht und trägt, ohne alle jene Bestandteile des Protoplasmas, welche als Betriebsstoffe und Endprodukte dieses Systems in seiner unmittelbaren Nachbarschaft liegen. Das "lebende System" umfaßt daher als Begriff nur jenen Teil des Protoplasmas, welcher unmittelbar die lebenden Strukturen trägt. Hierbei darf man nicht vergessen, daß auch die neben dem lebenden System im Protoplasma vorliegenden Stoffe an dem strukturellen Aufbau des Protoplasmas einen Anteil haben und dadurch in mancher Hinsicht auch den strukturellen Bau des lebenden Systems mitbestimmen können."

Auf diesen zwei grundlegenden Arbeiten bauen alle folgenden Veröffentlichungen des Autors systematisch auf.

Die nächste Arbeit Linsers (1957) geht bereits ins Detail. Sie spricht von dem lebenden System als dem Träger der notwendigen Lebenserscheinungen, das sowohl die Fähigkeit der Reduplikation als auch der Durchführung des Stoffwechsels besitzt, sowie von Stoffen, die einerseits für das System lebensnotwendig sind, andererseits systembelastend wirken, teils als Reservestoffe, teils als Schlackenstoffe in der Zelle vorhanden sind. Bereits hier spricht Linser von einer bestimmten Relation des Systems zu den anderen Zellkomponenten, die durch äußere Faktoren verschoben werden könnte.

1963 veröffentlichte Linser seine Gedanken zum "Biolo-

gischen Phänomen des Wachstums". Er differenziert den allgemeinen und unspezifischen Begriff des Wachstums in Zellstreckungswachstum, das lediglich in der Zellwanddehnung und in der Wassereinlagerung, reguliert durch Phytohormone, besteht und in das Produktwachstum, das zwar auf der Tätigkeit des Stoffwechsels basiert, aber nur auf der Einlagerung von Produkten, wie z.B. Stärke, infolge mangelnder Ausscheidungsmöglichkeiten beruht. Als dritte Komponente führt Linser das Systemwachstum an, das sich in der Vermehrung der reproduzierenden und den Stoffwechsel durchführenden Substanz äußert. Diese Form des Wachstums, die das System, d.h. Teile des Protoplasmas wie Zellkern, Mitochondrien, Chloroplasten usw. vermehrt, muß als das eigentliche Wachstum im biologischen Sinne verstanden werden.

Ähnliche Gedanken wurden bereits 1923 von Rössle geäußert. Er definierte biologisches Wachstum als eine Größenzunahme der "strukturell und funktionell vollwertigen Masse". Weiss (1949) unterschied zwischen zwei Arten von Zellsubstanzen, nämlich solchen, die zur Reduplikation ihresgleichen befähigt sind, und solchen, die nicht reduplikationsfähig sind. Als echtes Wachstum bezeichnete er nur die Vermehrung der reduplikationsfähigen Teile. Linzbach (1955) erweiterte diese Definition und bezeichnete alle Größenänderungen als Wachstum, die gleichzeitig mit einer Vermehrung strukturierter reproduktionsfähiger Nukleoproteide vom Typ der DNS einhergehen.

1967 greift Linser das Problem des Wachstums lebender Systeme erneut auf. Als Hauptbestandteil des Systems gibt er den Keimproteingehalt der Pflanzen an, der somit in erster Näherung ein Maß für das lebende System darstellt. An Hand einiger Eiweißbestimmungen ergab sich folgendes Bild, Abb.5, für den Verlauf der Relation von lebendem System zum Produkt in der Zeit.

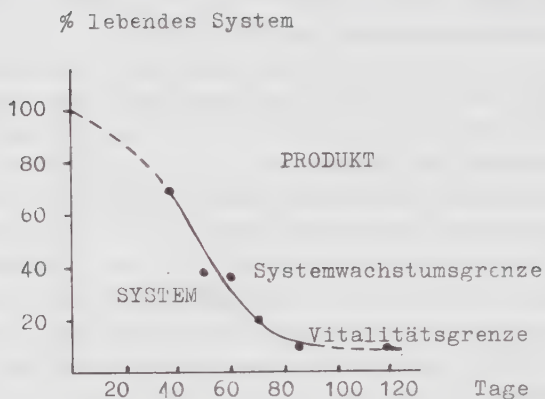


Abb.5 Relation von lebendem System zum Produkt in Weizenpflanzen, Linser (1967). 100% lebendes System enthält im vorliegenden Beispiel etwa 33% Reineiweiß.

Dieser hypothetische Kurvenverlauf wurde an Hand von Versuchen an Weizen und Ölrettich in der eingangs erwähnten Veröffentlichung von Linser, Lach und Titze (1968) bestätigt.

Eine neue Publikation von Linser (1969) befaßt sich mit Wachstum und Ertragsbildung. Diese Arbeit stellt eine Zusammenfassung der bisherigen Kenntnisse über das lebende System und dessen Funktion dar. Linser gliedert hier den gesamten Stoffwechsel im Sinne seiner Theorie über System und Produkt auf. Unter dem Begriff Systemwachstum beschreibt er alle Vorgänge, die zur Reduplikation des Systems führen, d.h. die gesamte Eiweißsynthese, und unter Produktwachstum faßt er die produzierenden Fähigkeiten des Systems zusammen, d.h. Kohlenhydratstoffwechsel, sowohl Aufbau als auch Abbau, Fettstoffwechsel, Kautschuksynthese, die Bildung

N-haltiger Basen der Nukleinsäuren, usw.

C Erstellung des Versuchsmaterials

Zur Beantwortung der Fragestellung, nämlich die Entwicklung des Rohfett-, Kohlenhydrat-, Rohfaser-, Rohasche- und Nährstoffgehaltes sowie der Phosphor-Fractionen im Verlaufe einer Vegetation von Weizen, wurde im Jahre 1968 ein Gefäßversuch mit drei N-Düngungsstufen, 0,6g N, 1,2g N und 1,8g N pro Gefäß, verabreicht zu Beginn der Vegetation, angelegt.

1. Der Vegetationsversuch

Versuchspflanze : Weizen, "Heines Koga II"

Aussaatmenge : 40 Körner pro Gefäß

Vereinzelte auf : 18 Pflanzen pro Gefäß

Versuchsumfang : 120 kleine Mitscherlich-Gefäße, 6,5 kg

Versuchsboden : "Kleinlinden", ein nährstoffarmer, neutraler, lehmiger Sandboden

Düngung :

Variante 1

0,6g N = 2,727g Kalkammonsalpeter

1,5g P_2O_5 = 10,0 g RheKaPhos 15/25

2,5g K_2O

Variante 2

1,2g N = 5,455g Kalkammonsalpeter

1,5g P_2O_5 = 10,0 g RheKaPhos 15/25

2,5g K_2O

Variante 3

1,8g N = 8,182g Kalkammonsalpeter

1,5g P_2O_5 = 10,0 g RheKaPhos 15/25

2,5g K_2O

Aussaat : 1.4.1968

Bodenanalyse :	pH (KCl)	7,0	mg K_2O	5,0
	pH (H_2O)	8,1	mg Mg	20,0
	mg P_2O_5	4,0	max. WK%	26,0

Ernteplan für alle drei Varianten

Ernte	Datum	Tage nach Saat	Anzahl der geernteten Pflanzen
I.	13.4.68	12	10 Pfl./Gef. = 400
II.	18.4.68	17	7 Pfl./Gef. = 280
III.	23.4.68	22	vereinzelt auf 18 Pfl. pro Gefäß = 156
IV.	2.5.68	31	4 Gefäße à 18 Pfl. = 72
V.	7.5.68	36	"
VI.	13.5.68	42	"
VII.	20.5.68	49	2 Gefäße à 18 Pfl. = 36
VIII.	27.5.68	56	"
IX.	31.5.68	60	"
X.	6.6.68	66	"
XI.	11.6.68	71	"
XII.	18.6.68	77	"
XIII.	24.6.68	83	"
XIV.	27.6.68	86	"
XV.	1.7.68	90	"
XVI.	8.7.68	97	"
XVII.	17.7.68	106	"
XVIII.	26.7.68	115	"
XIX.	31.7.68	120	"
XX.	13.8.68	133	"

Die Wachstumsbeobachtungen sowie die Frischgewichte pro Pflanze sind den Tabellen 1, 1a und 1b zu entnehmen.

2. Die Frischsubstanzbildung

Tab.1 Frischgewichte in g/Pflanze bei der Düngungs-
stufe 0,6g N/Gefäß

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	erstes Blatt entw. sich	0,064
II.	2. Blatt angelegt	0,16
III.	3. Blatt entw. sich; Beginn der Bestockung; auf 18 Pfl. pro Gefäß vereinzelt	0,38
IV.	4. Blatt wird angelegt; ab jetzt werden ganze Gefäße geerntet; zunächst bilden 2 Gefäße eine biologische Parallele	0,93
v.	deutliche Farbabstufung! Blatt-aufhellung und Gelbfärbung der untersten beiden Blätter und des Keimblattes; N-Mangelerscheinung! Pflanzen entw. sich spärlich, durchschn. Höhe 25 cm	1,43
VI.	5. Blatt entw. sich	1,64
VII.	6. Blatt entw. sich, durchschn. Höhe 30 cm; 1 Gefäß bildet ab jetzt eine biol. Parallele	2,23
VIII.	Phase des Schossens! 7. Blatt wird angelegt, durchschn. Höhe 42 cm	3,83
IX.	Durchschn. Höhe 50 cm	4,32
X.	Hauptstamm verdickt sich; durchschn. Höhe 68 cm	6,61
XI.	Phase des Ährenschiebens	7,20

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
XII.	Ende des Ährenschiebens; durchschn. Höhe 94 cm	8,78
XIII.	Beginn der Blüte; durchschn. Höhe 100 cm	9,71
XIV.	Getreide blüht	9,28
XV.	Getreide hat abgeblüht	8,73
XVI.	Beginn der Kornausbildung	8,57
XVII.		8,92
XVIII.		8,35
XIX.		7,50
XX.	Vollreife	4,86

Tab.1a Frischgewichte in g/Pflanze der Düngungsstufe
1,2g N/Gefäß

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	1. Blatt entw. sich	0,051
II.	2. Blatt angelegt; Pflanzen unregelmäßig entw., z.T. sehr kleine Pflanzen	0,13
III.	3. Blatt entw. sich; Beginn der Bestockung; vereinzelt auf 18 Pflanzen pro Gefäß	0,33
IV.	4. Blatt angelegt	0,91
V.	4. Blatt entw.; kräftigerer Wuchs, vereinzelt gelbe Blattspitzen, dunklere Blattfärbung als bei Var.1, 30 cm Höhe	1,66

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
VI.	5. Blatt entw. sich	1,96
VII.	6. Blatt; durchschn. Höhe 36 cm	3,30
VIII.	Phase des Schossens! 7. Blatt teilweise angelegt; durchschn. Höhe 47 cm	6,11
IX.	Durchschn. Höhe 60 cm	7,61
X.	Hauptstamm verdickt sich; durch- schn. Höhe 75 cm	11,05
XI.	Durchschn. Höhe 81 cm	12,89
XII.	Phase des Ährenschiebens! Ähren liegen teilweise schon frei; durchschn. Höhe 103 cm	16,03
XIII.	Beginn der Blüte; durchschn. Höhe 107 cm	17,17
XIV.	Getreide blüht	17,31
XV.	Getreide hat größtenteils ab- geblüht	15,89
XVI.	Beginn der Kornausbildung	16,13
XVII.		15,01
XVIII.		14,06
XIX.		13,07
XX.	Vollreife	8,43

Tab. 1b Frischgewichte in g/Pflanze der Düngungs-
stufe 1,8g N/Gefäß

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	1. Blatt entw. sich	0,048
II.	2. Blatt angelegt	0,14
III.	3. Blatt entwickelt; Bestockung beginnt; auf 13 Pfl./Gefäß vereinzelte	0,34
IV.	4. Blatt angelegt	0,99
V.	4. Blatt entwickelt; Pflanzen dunkelgrün; durchschn. Höhe 30 cm	1,75
VI.	5. Blatt entw. sich	2,47
VII.	6. Blatt; durchschn. Höhe 37 cm	4,14
VIII.	Phase des Schossens! 7. Blatt angelegt; Höhe 50 cm	7,67
IX.	Durchschn. Höhe 66 cm	11,33
X.	Hauptstamm verdickt sich; Höhe 85 cm	15,86
XI.	Durchschn. Höhe 94 cm	20,00
XII.	Phase des Ährenschiebens; Höhe 112 cm	23,22
XIII.	Beginn der Blüte; Höhe 112 cm	24,03
XIV.	Getreide blüht	22,45
XV.	Getreide teilweise abgeblüht	21,50
XVI.	Beginn der Kornausbildung	20,09
XVII.		18,59
XVIII.		17,53

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
XIX.		16,15
XX.	Vollreife	10,24

Der Verlauf der Frischsubstanzbildung entspricht etwa dem einer Optimumskurve, mit dem Optimum zur Zeit der Blüte. Danach sinken die Frischgewichte infolge der Wasserabgabe ab, Abbildung 6.

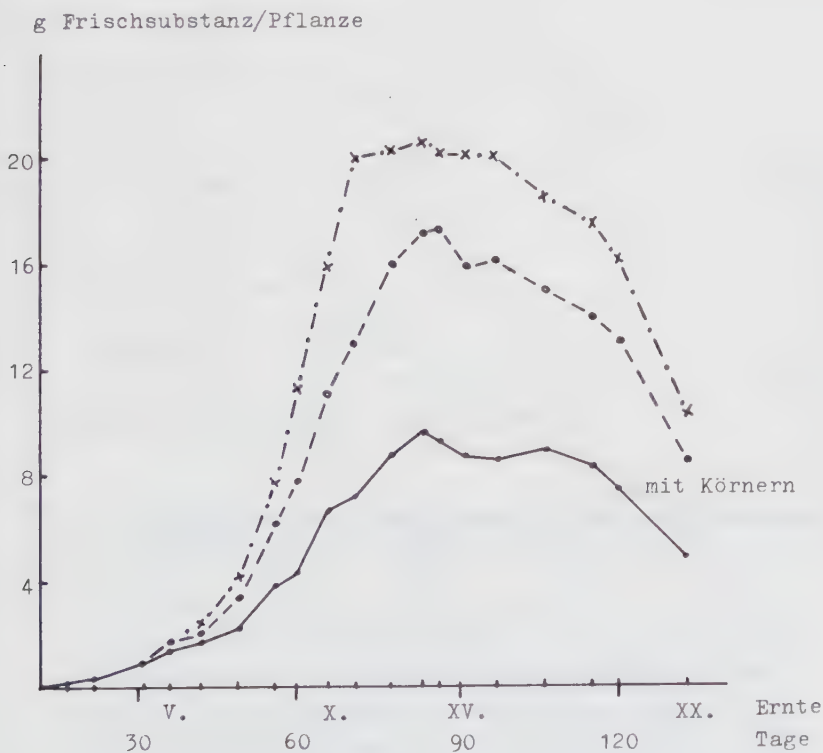


Abb.6 Frischgewichte in g/Pflanze

3. Die Trockenmassebildung

Trocknet man das frische Pflanzenmaterial bei etwa 100 Grad Celsius und ermittelt erneut die Gewichte, so erhält man die allen analytischen Untersuchungen als Bezugsgröße zu Grunde liegende Trockenmasse, Tab.2, Abb.7.

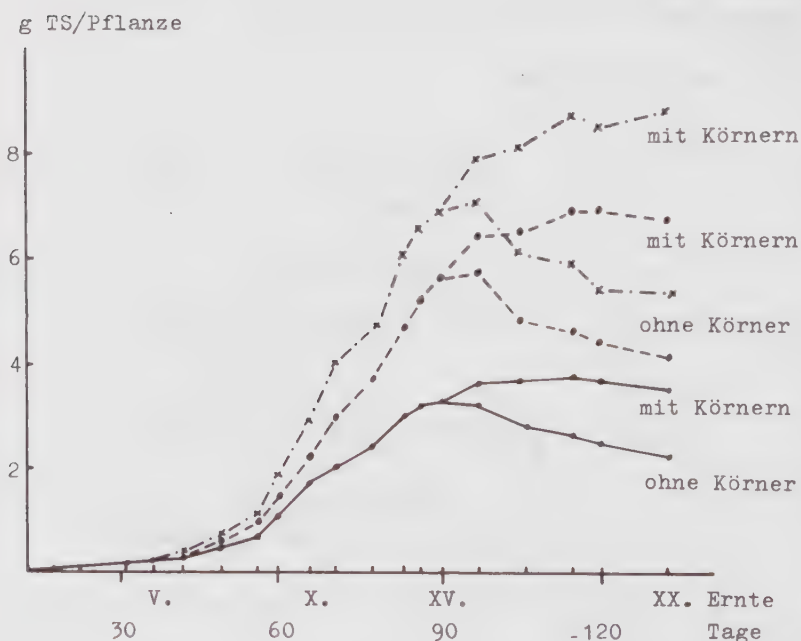


Abb.7 Trockengewichte in g/Pflanze

Var.1 —●—, Var.2 - - - ● - - -, Var.3 x - - - x

Diese Kennzeichnung der drei Varianten wird in allen Zeichnungen beibehalten.

Wenn eine Pflanze wächst, d.h. an Trockenmasse zunimmt, so kann dieses Wachstum zwei Ursachen haben. Es kann erstens auf der Vermehrung der reproduktionsfähigen und den Stoffwechsel durchführenden Strukturen beruhen und zweitens auf der Ansammlung von Produkten. Nach Linser (1967) setzt sich das Gesamtwachstum einer Pflanze aus dem Systemwachstum und dem Produktwachstum zusammen, Abb.8.

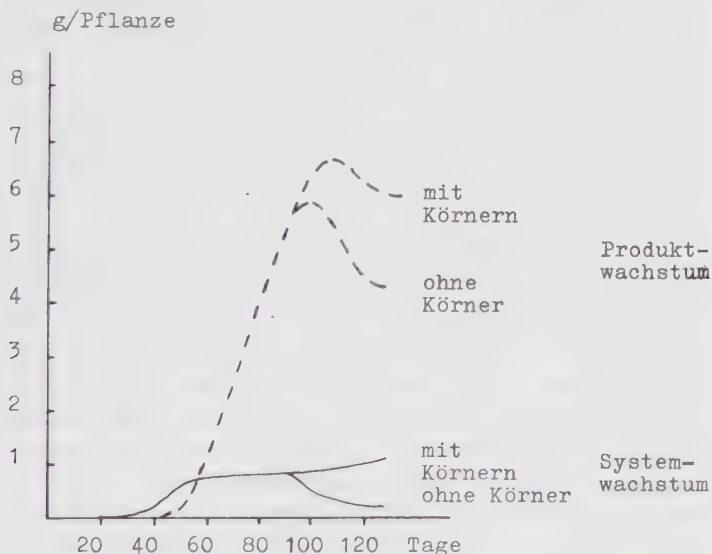


Abb.8 System- und Produktwachstum im Verlaufe einer Vegetationsperiode (Linser, Lach und Titze, 1968)

Der Verlauf der Kurven zeigt, daß sich einer Periode ausschließlichen Systemwachstums eine Zeit der Systemkonstanz anschließt, während der aber proportional der Menge an System Produkte erstellt werden. Mit dem Einsetzen der generativen Phase stirbt das System langsam ab, damit wird gleichzeitig die Produktsynthese vermindert. Daraus folgt, daß die Pflanze zunächst eine

bestimmte Systemkapazität aufbauen muß, deren Umfang für die danach einsetzende Produktsynthese und damit für den zu erstellenden Ertrag ausschlaggebend ist.

D Stoffbildung im Verlaufe der Vegetation

1. Der Wassergehalt

Das Wasser soll allen anderen Inhaltsstoffen vorausgestellt werden, da es als einziger Pflanzenbestandteil auf die Frischsubstanz bezogen wurde.

Das Wasser ist ein sehr wesentlicher Bestandteil der Frischsubstanz, da alle Stoffwechselfvorgänge an das wässrige Milieu gebunden sind. Die Pflanze enthält "freies" Wasser, dem vorwiegend der Transport der Nährstoffe und Assimilate obliegt. Das restliche in der Pflanze vorkommende Wasser ist an makromolekulare Strukturen der Zelle gebunden und ist für deren Quellungszustand verantwortlich.

Die Hydratur der Pflanze kann auch im Hinblick auf die Begriffe "lebendes System" und "Produkt" aufgegliedert werden, denn sowohl das System als auch das Produkt enthalten Wasser. Das Produktwasser umfaßt alles freie Wasser der Pflanze, sowie das Wasser, das an typische Produktbestandteile wie Zellulose, Pektine usw. gebunden ist. Als Systemwasser kann nur der Teil des Gesamtwassergehaltes pro Pflanze definiert werden, der die Strukturen des Systems hydratisiert. Die chemischen Bindungen des Produktwassers sind weniger fest als die des Systemwassers, Linser (1968).

Bildet man die Differenz aus den Frischgewichten zu den einzelnen Erntezeitpunkten und den dazugehörigen Trockensubstanzwerten, so erhält man die absoluten Wassergehalte der Pflanze in mg/Pflanze, Tab.3.

Da die Ermittlung des Wassergehaltes nur auf der Trock-

nung basiert, ist eine Trennung in System- bzw. Produktwasser nicht möglich. Das Systemwasser könnte nur dann bestimmt werden, wenn eine Abtrennung des Systems an der intakten Pflanze möglich wäre.

Die Abbildung 9 zeigt, daß die Menge Wasser je Pflanze mit steigender N-Düngung zunimmt. Die Menge des Wassers je Pflanze bildet im Verlaufe der Vegetation eine Optimumskurve. Das Optimum fällt zeitlich mit der Blüte der Pflanzen, XII. bis XIII. Ernte, zusammen, dem Zeitpunkt hoher Stoffwechselaktivität. Analoge Ergebnisse ermittelte Wagner (1932).

Die Relativwerte, in Tab.4 und Abb.10 wiedergegeben, zeigen einen nahezu konstanten Wasseranteil an der Frischsubstanz bis zum Beginn der Blüte. Während der Blüte sinkt der Anteil langsam ab, um nach Abtrennung der Körner zur XVI. Ernte bis auf 15% abzufallen. Die Pflanze hat also zur Zeit des vegetativen Wachstums, d.h. zur Zeit ihrer höchsten Stoffwechselaktivität, den größten Wasserbedarf.

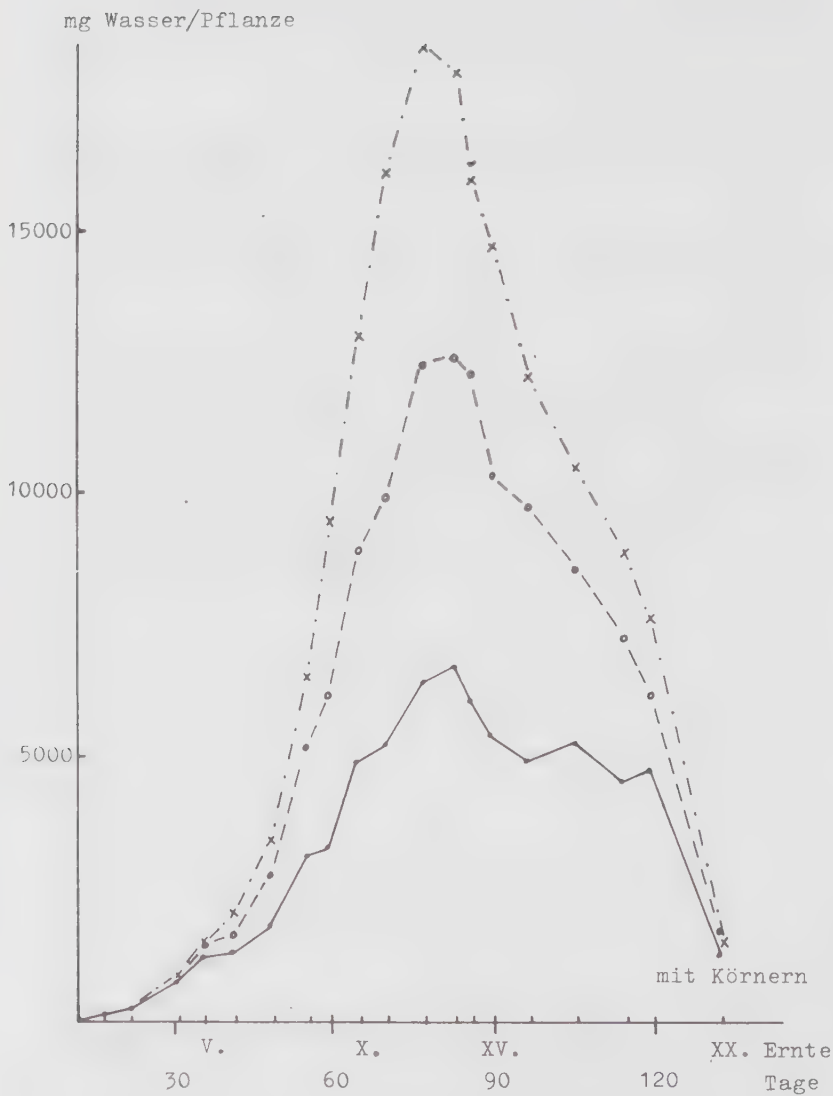


Abb. 9 Wassergehalte in mg/Pflanze

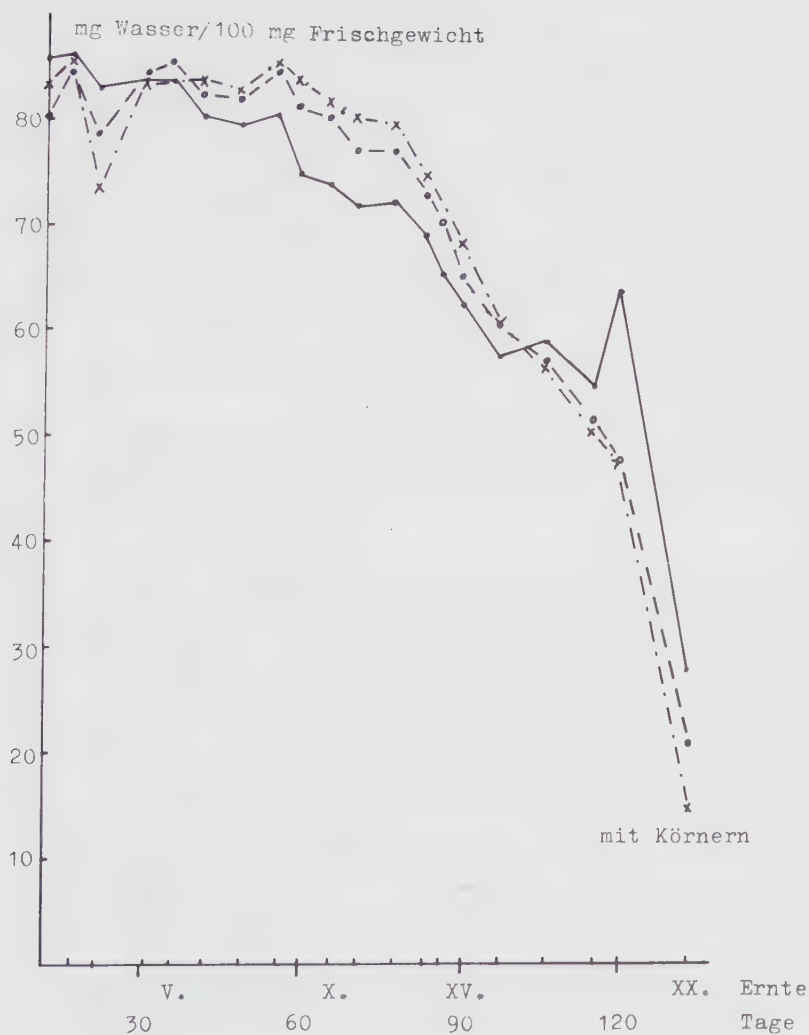


Abb.10 Wassergehalte in % der Frischsubstanz

2. Der Rohfettgehalt

Die Rohfette stellen eine Mischfraktion dar, die sich aus Neutralfetten, Phosphatiden, Wachsen, Sterinen und Carotinoiden zusammensetzt.

Neutralfette, Triglyceride aus Alkohol und Fettsäuren, stellen Reservestoffe dar, die in größeren Mengen nur in Samen und Früchten gespeichert werden.

Die Phosphatide, die auf Grund ihrer chemischen Struktur teils hydrophile, teils hydrophobe Eigenschaften besitzen, sind Bestandteil biologischer Membranen.

Wachse dienen als Überzüge von Blättern und Früchten und bieten der Pflanze Schutz vor Austrocknung.

Über die physiologische Bedeutung der Sterine im Stoffwechsel ist wenig bekannt.

Die Xanthophylle spielen eine Rolle bei der Photosynthese, und zwar bei der Übertragung der Sonnenenergie auf das Chlorophyll.

Die Rohfettfraktion erhält man durch Extraktion des Pflanzenmaterials mit einem Fettlösungsmittel. In Abänderung des Weender Verfahrens wurde die Extraktion mit Dichlormethan, als der im Institut üblichen Methode, durchgeführt. Nach Becker (1955/56) ist zu beachten, daß die aus der Trockensubstanz extrahierten Rohfettgehalte niedriger liegen als die aus frischem Material.

Die Ergebnisse der Fettextraktion sind der Tabelle 5, Abbildung 11, zu entnehmen. Der Fettgehalt nimmt bis zur V. Ernte, dem 4-Blattstadium, zu, um dann kontinuierlich auf 2% abzusinken. Der steile Anstieg der Konzentration zur V. Ernte kann nicht erklärt werden. Mehrfache Untersuchungen bestätigten jedoch diesen hohen Wert. Der erneute Anstieg der Konzentration zur XV. Ernte wird durch die einsetzende Kornausbildung hervorgerufen. Der Fettgehalt des reifenden Kornes sinkt zunächst ab und bleibt dann nahezu konstant bei

etwa 3%. Ein Absinken des Rohfettgehaltes im Verlaufe des Wachstums konnte auch von Steger, Kasdorf und Püschel (1961) an Mais, von Nehring und Beyer (1965) an Grünroggen und (1966) an Grünhafer sowie von Mayr und Bayzer (1965) im Zusammenhang mit CCC-Untersuchungen festgestellt werden.

Die Absolutwerte, Tab.5, Abb.11a, ergeben ein Optimum des Rohfettgehaltes der Pflanze zur Zeit der XV. Ernte, die durch die Kornausbildung charakterisiert ist. Der Fettgehalt im Stroh wird stark vermindert, da ein großer Teil des Fettes in das Korn verlagert wird.

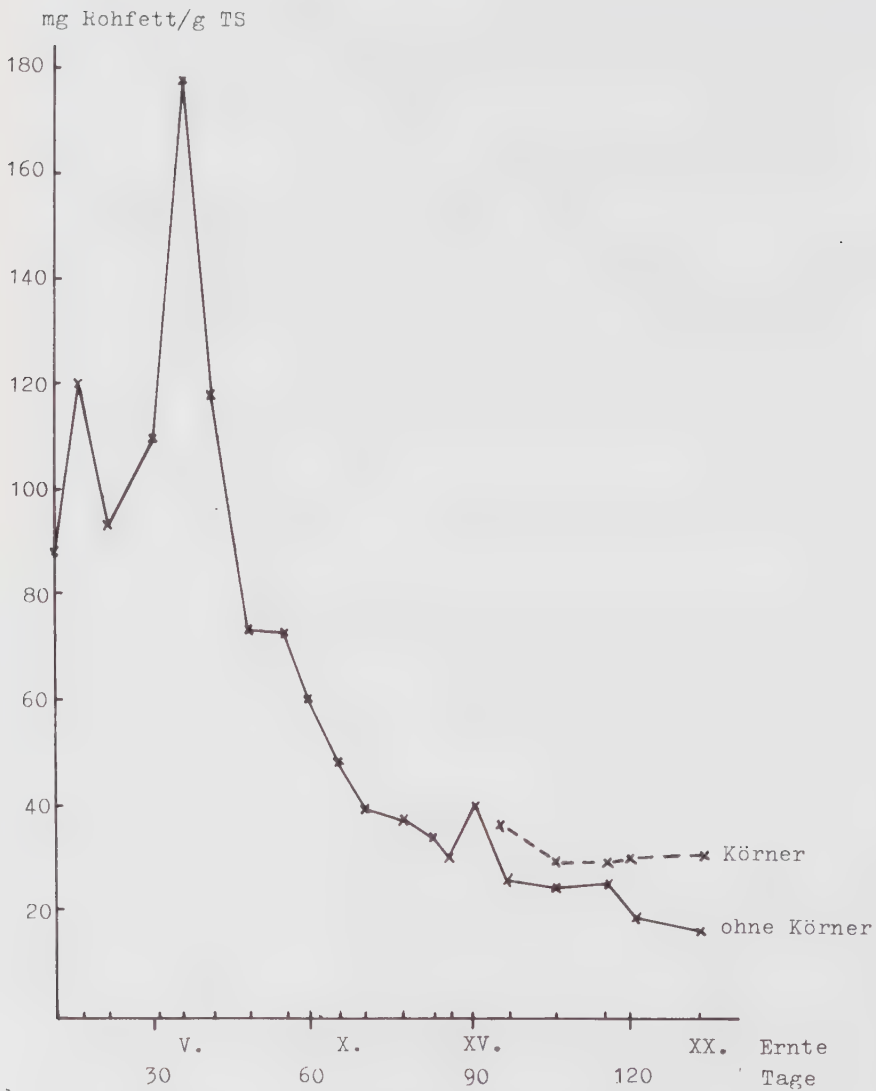


Abb.11 Rohfettgehalte in mg/g Trockenmasse

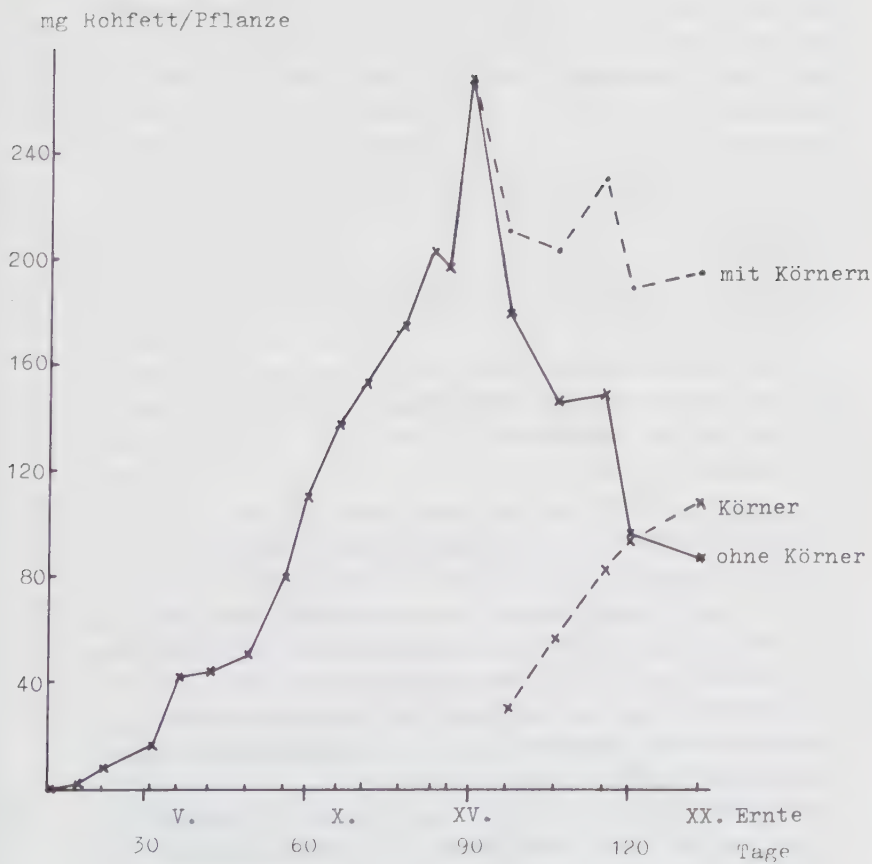


Abb.11a Rohfettgehalte in mg/Pflanze

3. Der Rohfasergehalt

Scharrer (1948) definierte als Rohfaser alle organischen, stickstofffreien Bestandteile der Pflanzensubstanz, die nach dem Weender Verfahren, d.h. in Säure und Lauge, ungelöst bleiben. Die Rohfaser setzt sich im wesentlichen aus Lignin, Cutin, Suberin, Pektin, Cellulose, Pentosanen, usw. zusammen. Aus ihrer Zusammensetzung geht hervor, daß die Rohfaser vorwiegend Stützfunktion in der Pflanze ausübt.

Eine Prüfung verschiedener Bestimmungsmethoden durch Scharrer (1948) deckte unterschiedliche Ergebnisse der Rohfasergehalte auf, da durch die verschiedenen Lösungsmittel die einzelnen Rohfaserbestandteile unterschiedlich erfaßt werden.

Zur Rohfaserbestimmung wurde die im Institut für Tierernährung in Gießen übliche Methode benutzt, die der Weender Methode entspricht, jedoch mit 12,5% H_2SO_4 und 12,5% Lauge arbeitet.

Die Ergebnisse der Rohfaserbestimmung sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Die Graphik, Abb.12, zeigt, daß der prozentuale Rohfasergehalt im Verlaufe der Vegetation des Weizens nahezu linear bis zur Reife ansteigt, von etwa 10 auf 40%. Einen Einschnitt bilden die Proben der V. bis VIII. Ernte, der auf der N-Zufuhr durch das ausgewaschene und hinzugefügte Regenwasser und damit auf einer Steigerung der Systemtätigkeit beruht. Ein zweiter auffallender Einschnitt ist zur Zeit der Fruchtausbildung zu beobachten. Die sich entwickelnde Frucht bewirkt eine Verdünnung des Rohfasergehaltes. Nachdem ab der XVI. Ernte Stroh und Korn gesondert untersucht werden konnten, steigt der Rohfasergehalt nochmals steil um etwa 15% an. Der Rohfasergehalt des Kornes ist relativ gering, er sinkt im Verlaufe der Reife von 4% auf 2% ab.

Ein Anstieg des Rohfasergehaltes im Verlaufe der Entwicklung der Pflanzen konnte auch von anderen Autoren ermittelt werden, Scharrer (1956) bei Weidelgras, Grössmann (1957) bei Mais, Smith (1960) bei Grünhafer, Kivimäe (1965) bei Wiesenlieschgras, Tellheim (1968) bei Luzerne, Skirde (1968) bei Hafer, Bergt bei Hafer und Nienstedt (1969) bei Grünhafer. Bei allen genannten Autoren ist nach der Blüte ein Abfall des Rohfasergehaltes zu verzeichnen. Da es sich bei diesen Arbeiten um Futterpflanzen handelt, wurden vegetative und generative Pflanzenteile zusammen untersucht. Da die reifende Frucht einen sehr geringen Rohfasergehalt besitzt, wirkt sie auf den gesamten Rohfasergehalt von Stroh und Frucht verdünnend. Der Abfall des Rohfasergehaltes deutet sich ja auch in der vorliegenden Arbeit zur XVI. Ernte an. Eine ansteigende Tendenz der Gerüstsubstanzen im Verlaufe der Vegetation zeigen auch die Ergebnisse von Mayr und Bayzer (1965), sowie von Nehring und Beyer (1965 und 1966). Bei Mais konnten Steger, Kasdorf und Püschel (1961) keine nennenswerte Veränderung des Rohfasergehaltes im Verlaufe der Entwicklung feststellen.

Die absoluten Rohfasergehalte pro Pflanze, Tab.7, Abb.13, ergeben das Bild einer S-förmig verlaufenden Kurve. Die stärkste Rohfaserbildung erfolgt demnach während des Schossens und des Ährenschiebens und endet mit dem Beginn der Blüte. Danach bleibt der Rohfasergehalt pro Pflanze bei Var.1 und Var.2 konstant, bei Var.3 steigt er noch leicht an. Die Rohfaserausbildung im Korn ist sehr gering.

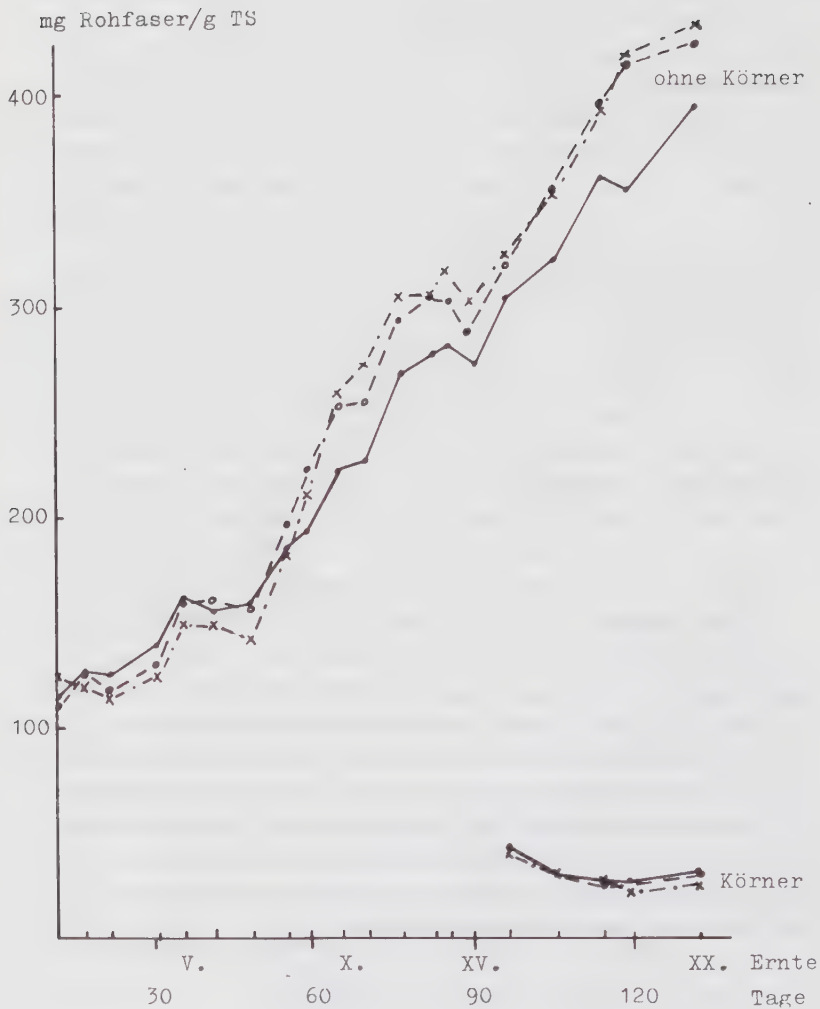


Abb.12 Rohfasergehalte in mg/g Trockenmasse

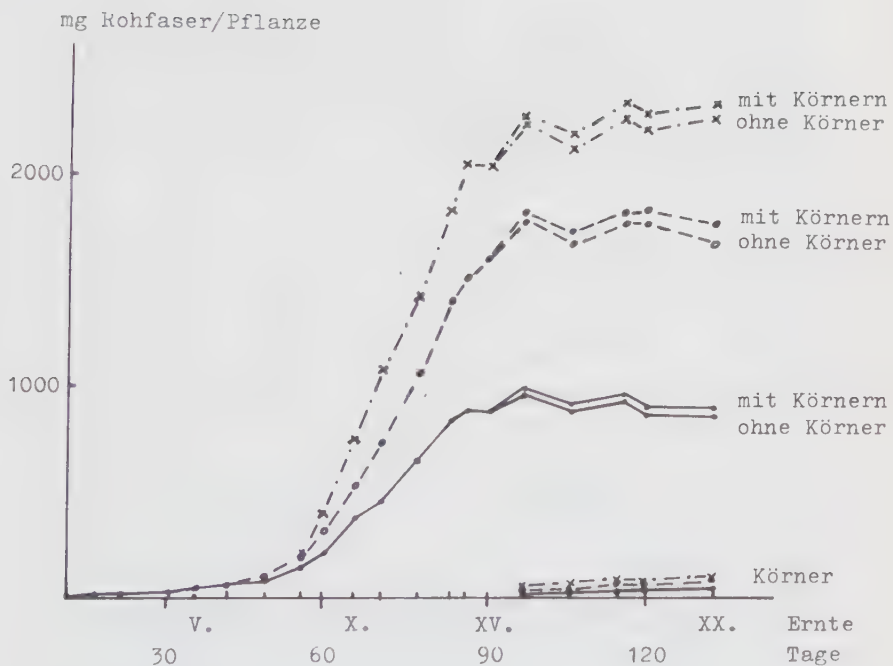
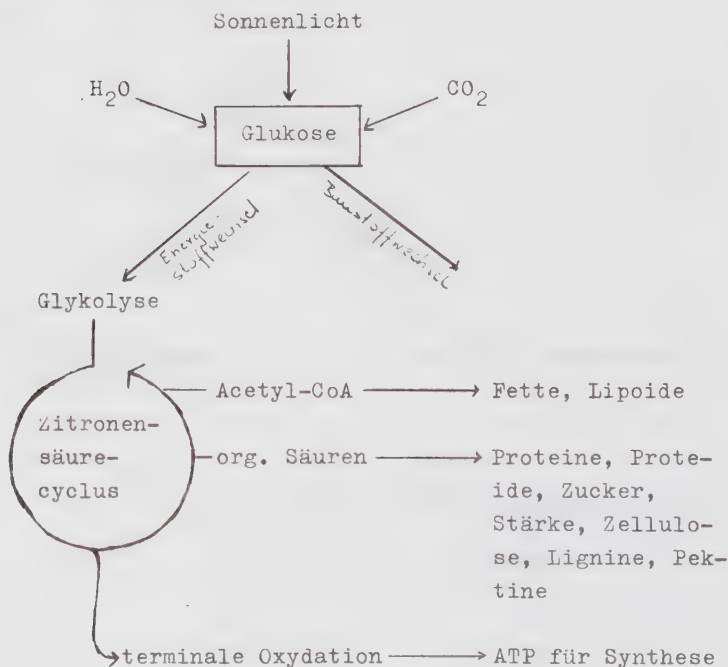


Abb.13 Rohfasergehalte in mg/Pflanze

4. Der gesamthydrolysierbare Kohlenhydratgehalt

Die Pflanze als autotrophes Lebewesen besitzt die Fähigkeit, durch ihre photosynthetische Leistung CO_2 und H_2O mit Hilfe der Sonnenenergie und ihres Blattfarbstoffes Chlorophyll in Kohlenhydrate umzuwandeln.

Kohlenhydrate sind Reservestoffe, die sowohl Energie als auch Ausgangsmaterial für andere Stoffwechselvorgänge bereitstellen. Folgendes Schema nach Mengel (1965) soll lückenhaft einige Stoffwechselbeziehungen der Kohlenhydrate aufzeigen.



Bei der analytischen Bestimmung der Kohlenhydrate traten erhebliche Schwierigkeiten auf. Da die Fehlerquellen der angegebenen Methoden relativ groß sind, wurde von vornherein auf eine Auftrennung der Gesamtkohlenhydrate in einzelne Zucker verzichtet. Aus den gleichen Erwägungen wurden auch nicht alle Ernten im Verlaufe der Vegetation analysiert, sondern nur eine Auswahl getroffen.

Da die kolorimetrischen Methoden aus ungeklärten Gründen keine befriedigende Übereinstimmung der Parallelbestimmungen lieferten, wurde auf eine gravimetrische Bestimmung nach Meissl zurückgegriffen.

Die Aufarbeitung des Pflanzenmaterials wurde wie folgt durchgeführt. 500 mg Trockensubstanz wurden mit 50 ml 2% HCl 3 Stunden am Rückflußkühler hydrolysiert. Zur Entfernung von Farbstoffen wurde über Aktivkohle filtriert und das Filtrat am Rotationsverdampfer zur Trockne eingengt. Der Niederschlag wurde mit Wasser aufgenommen, in 50 ml Kolbchen überspült und zur Marke aufgefüllt. 40 ml dieses Extraktes läßt man über Dowex-Säulen laufen und fängt die Neutralfraktion in 250 ml Bechergläsern auf. Das Eluat wird neutralisiert und nach Meissl mit je 25 ml Fehling I und Fehling II versetzt. Die Fällung erfolgt auf dem Wasserbad. Nach einsetzender Abscheidung von Cu_2O verbleibt die Lösung unter Umschütteln zur quantitativen Fällung 30 Minuten im Wasserbad. Danach wird die Reaktion durch Kühlung mit Eiswasser sofort abgebrochen. Der Niederschlag wird mit vorher getrockneten und gewogenen G_4 -Glasfritten abgesaugt, mit heißem Wasser, Alkohol und Äther sorgfältig gewaschen, bei 105 Grad Celsius getrocknet und gewogen. Die Umrechnung der mg Cu_2O in Invertzucker ist der Tab. IV des Handbuches der Lebensmittelchemie S. 1690 zu entnehmen.

Versuche mit Reinsubstanzen ergaben Fehler unter 10%.

Die Ergebnisse der Bestimmung der gesamthydrolysierbaren Kohlenhydrate, ausgedrückt in mg Invertzucker pro g Trockensubstanz, sind in Tab.8 zusammengestellt. Die Graphik, Abb.14, zeigt eine ansteigende Tendenz des Gehaltes an gesamthydrolysierbaren Kohlenhydraten. Er nimmt bei Var.3 von 11% auf 22% und bei Var.1 von 15% auf 26% zu. Die Unregelmäßigkeiten im Kurvenverlauf der Variante 3 müssen auf der Heterogenität des Pflanzenmaterials beruhen, da die chemischen Parallelen gut übereinstimmen. Auch bei den Bestimmungen anderer Stoffe konnten bei Var.1 geringere Schwankungen beobachtet werden.

Einen Anstieg des Gesamtzuckergehaltes bei Mais bis zur Blüte und einen dann einsetzenden Abfall infolge der Stärkebildung konnten Grössmann (1957) sowie Steger, Kasdorf und Püschel (1961) ermitteln. Skirde (1961) fand im Verlaufe der Vegetation bei Hafer eine abnehmende Tendenz des Gesamtzuckers. Damit stimmen auch die Ergebnisse von Nienstedt (1969) überein, der bei Grünhafer ebenfalls einen Abfall verzeichnete. Auch bei Giesecke und Schmalfuß (1942) nimmt der Gehalt des Gesamtzuckers bei Weidelgras im Verlaufe der Vegetation ab.

Der Anstieg des Kohlenhydratgehaltes bis zum letzten Untersuchungstermin kommt in der vorliegenden Arbeit dadurch zustande, daß außer dem Gesamtzucker durch die Hydrolyse auch der Stärkeanteil miterfaßt wird.

Der Verlauf der absoluten Gehalte der gesamthydrolysierbaren Kohlenhydrate, Tab.8, Abb.15, entspricht dem einer S-förmigen Wachstumskurve. Die Gehalte nehmen am stärksten zur Zeit des Schossens und des Ährenschießens zu. Während der Blüte ist die Zunahme bereits geringer, mit der Ausbildung des Kornes ist sie abgeschlossen. Im Stroh nimmt der Gehalt ab, da eine Verlagerung in das Korn erfolgt.

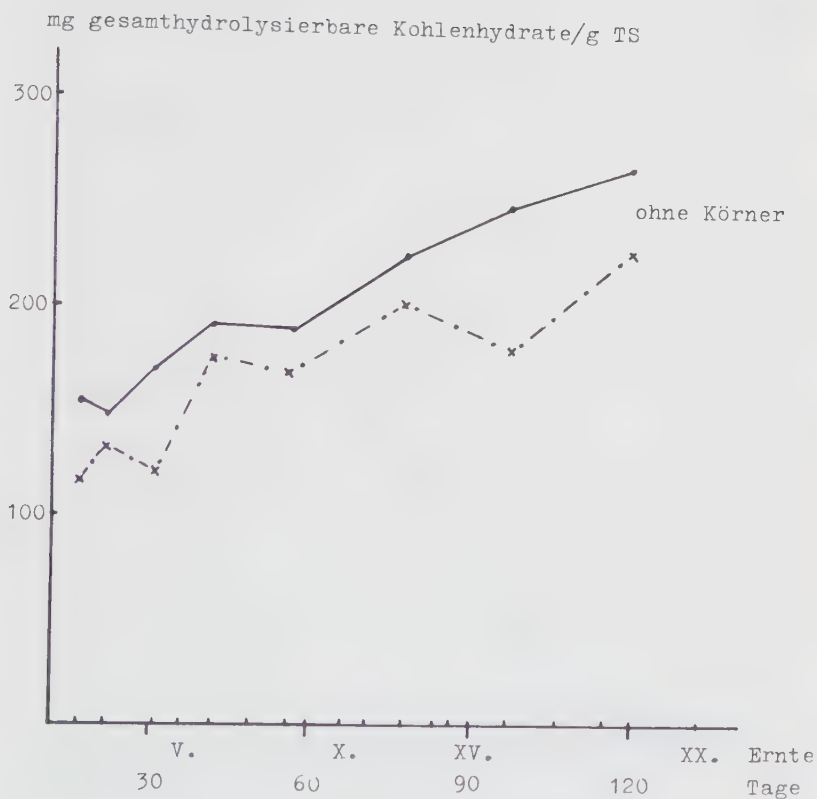


Abb.14 Gehalt an gesamthydrolysierbaren Kohlenhydraten in mg/g Trockenmasse

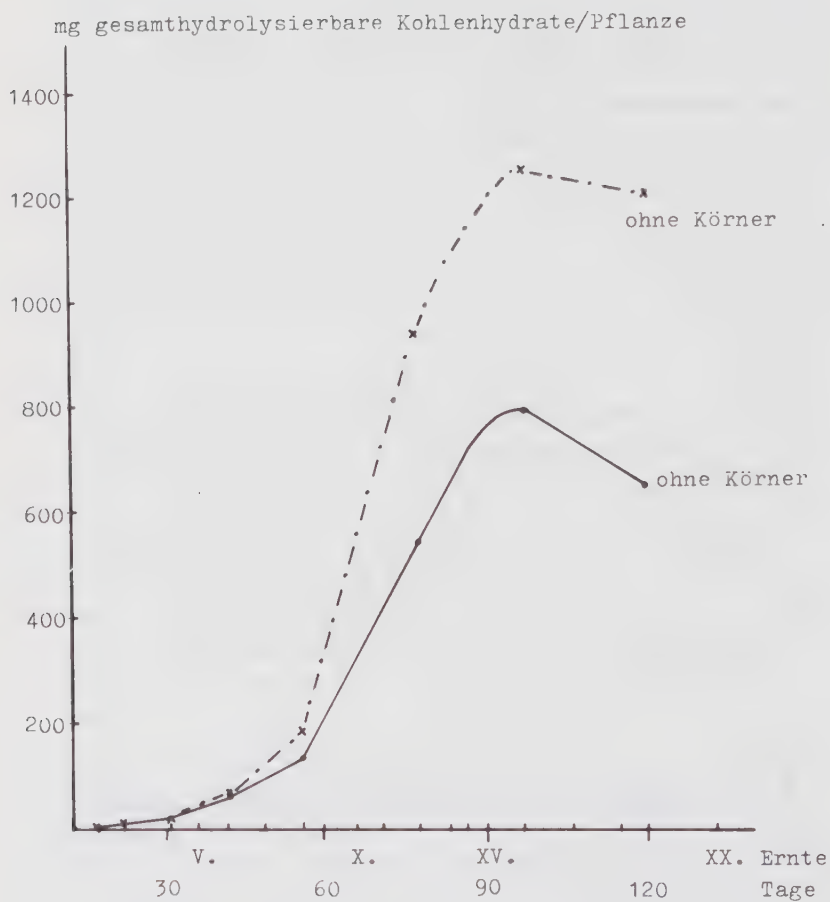


Abb. 15 Gehalte an gesamthydrolysierbaren Kohlenhydraten in mg/Pflanze

E Diskussion der Versuchsergebnisse

Das Gesamtwachstum der Pflanze setzt sich, wie bereits mehrfach erwähnt, aus Systemwachstum und Produktwachstum zusammen. Der Verlauf des Systemwachstums wird am gleichen Material in der Arbeit von Lach (1969) behandelt. Die Differentialkurven des Systemwachstums in der Zeit ergeben zwei Maxima, das erste zur Zeit des vegetativen Wachstums, das zweite zur Zeit der generativen Wachstumsphase.

Subtrahiert man von den Werten für die Trockensubstanz pro Pflanze die gefundenen Werte an System pro Pflanze (Lach 1969), so erhält man die Angaben für das gesamte Produktwachstum im Verlaufe der Vegetation. Die Produktsynthese durch das System beginnt bereits in den ersten Wachstumstagen, allerdings nur in sehr geringem Umfange. Diese Produkte sind zur Aufrechterhaltung der Systemfunktionen essentiell, so daß die Bezeichnung Produkt in diesem Wachstumsstadium noch nicht gerechtfertigt ist. Ein steiler linearer Anstieg, und damit die Umsteuerung vom System- zum Produktwachstum, erfolgt erst zwischen der VII. und XV. Ernte, bzw. zwischen dem 49. und 90. Wachstumstage nach der Saat. Die Differentialkurve des Produktwachstums zeigt einen maximalen Zuwachs an Produkten zwischen den Ernten IX und XV an. Dieses Maximum ist genau zwischen den Maxima der Systemproduktion lokalisiert. Nach etwa 115 Wachstumstagen ist die Produktsynthese beendet, ein Teil der Produkte wird in das Korn verlagert.

Aus den Zahlenwerten der Tabellen 9, 9a, 9b, geht klar hervor, daß das System zunächst eine bestimmte Menge an System erzeugt, d.h., daß es eine bestimmte Kapazität aufbaut, damit es überhaupt die Syntheseleistungen an Produkt erfüllen kann. Erst wenn die maximale Systemmenge vorhanden ist, erfolgt auch die

maximale Produktzunahme. Die Zunahme der Produktkonzentration führt schließlich zu strukturellen Schädigungen des Systems, so daß es seine produzierende Tätigkeit einstellt. Dies äußert sich in der Konstanz bzw. Abnahme der Produktmenge. Den zeitlichen Verlauf der Produktsynthese spiegeln auch die Zahlen der Syntheseleistung des Systems für Produkt wider. In 4-Tage-Abschnitten nimmt die Leistung des Systems für Produkte zunächst zu und fällt dann wieder ab, Tab. 9, 9a und 9b.

Versucht man den Einfluß der gesteigerten Stickstoffgaben auf das System- bzw. Produktwachstum aufzudecken, so führt der Vergleich der errechneten Zahlenwerte zu folgenden Feststellungen. Verglichen werden sollen nur die beiden extremen N-Gaben der Var.1 und der Var.3.

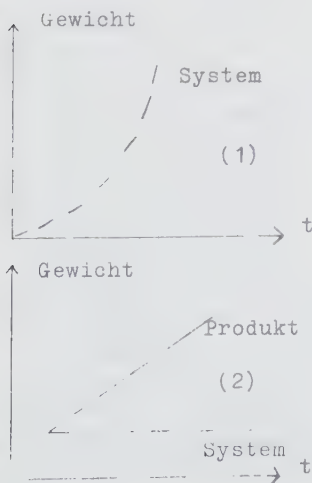
1. Die absoluten Gehalte an System und Produkt werden mit steigender N-Gabe erhöht, dementsprechend auch die Zuwachsrate pro Tag.
2. Die Periode des Systemwachstums wird um 5 Tage verlängert, vom 66. auf den 71. Wachstumstag.
3. Der maximale Systemzuwachs erfolgt bei Var.1 zwischen der VII. und VIII. Ernte, also etwa am 53. Tage nach Saat, bei Var.3 erst zwischen der VIII. und IX. Ernte, etwa am 58. Tage.
4. Die Periode des Produktwachstums beginnt bei Var.1 etwa zwischen der VII. und VIII. Ernte, am 53. Wachstumstage, bei Var.3 erst zwischen der VIII. und IX. Ernte, am 58. Tage.
5. Der maximale Produktzuwachs ist bei der Var.1 zwischen der IX. und X. Ernte, am 63. Tage, zu verzeichnen, bei Var.3 etwa am 82. Tage, zwischen Ernte XII und XIII.
6. Die Proteinsyntheseleistung von Var.3 ist höher als die der Var.1, die Syntheseleistung des Systems für

Produkt verhalten sich umgekehrt.

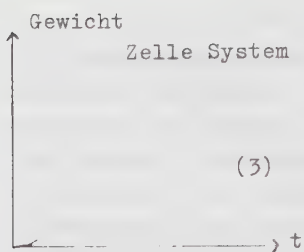
Diesen Beobachtungen ist ein klarer Einfluß des Stickstoffs auf den zeitlichen Wechsel von Systemwachstum zum Produktwachstum zu entnehmen. Ein Unterschied von 1,2g N/Gefäß verlängerte die Periode des Systemwachstums um 5 Wachstumstage. Das System war somit in der Lage, seine Produktionskapazität für die folgenden Syntheseleistungen zu erweitern, so daß es entsprechend größere Produktmengen erstellen konnte, wie die Ertragszahlen bestätigen. Die gesteigerte Synthesekapazität der Pflanze führte sekundär zu einer intensiveren Produktsynthese, deren Kennzeichen die Zuwachsraten pro Tag sind. Die maximalen Zuwachsraten pro Tag differieren bei beiden Varianten um 19 Tage.

Zur Erklärung von Punkt 6 sei folgende Bemerkung eingeschoben: System und Produkt liegen in der Pflanze in einer bestimmten Relation vor. Diese ist keine Konstante, sondern sie ändert sich im Verlaufe des Wachstums ständig.

Bildet eine Zelle oder eine Pflanze während ihres



Wachstums nur lebendes System aus, so würde durch die identische Reproduktion des Systems folgende Wachstumskurve entstehen (1). Produziert eine Zelle ausschließlich Produkte, so werden diese proportional der vorliegenden Systemmenge erstellt (2). Da eine Zelle jedoch gleichzeitig System und Produkt synthetisiert, - es überwiegt nur zeitweise eine der beiden Komponenten -, so ergibt sich die Wachstumskurve (3), nach Linser (1969).



Entscheidend für den Verlauf der Wachstumskurve (3) sind die Bildungsgeschwindigkeiten für System und für Produkt durch das System. Das Verhältnis der beiden bestimmt die Relation $S_y : P_r$ und damit den physiologischen Zustand der Zelle bzw. der Pflanze. Dieses Verhältnis kann im Rahmen der

genetischen Möglichkeiten gesteuert und verändert werden. Wie sich zeigte, kann der Ernährungsfaktor lenkend eingreifen.

Die gesteigerten Stickstoffgaben veränderten die Bildungsgeschwindigkeiten für System und für Produkte. Die Bildungsgeschwindigkeit für System wurde positiv beeinflusst, d.h. gesteigert; die Steigerung nimmt mit zunehmendem Alter der Pflanzen ab. Gleichzeitig wurde die Bildungsgeschwindigkeit für die Produkte vermindert. Beide Bildungsgeschwindigkeiten werden also entgegengesetzt beeinflusst, da sie aber genau entgegengesetzte Wirkung auf die Entwicklung der Pflanze haben, so ist der Einfluß der gestaffelten N-Versorgung ein doppelter. Erhöhte Systembildungsgeschwindigkeit führt zu einer längeren Systembildungsphase, da durch die vermehrte Zellteilungsaktivität die Produktsammlung zeitlich etwas verzögert wird, d.h. sie wirkt verdünnend. Folglich kann die Pflanze ihre Systemkapazität ausweiten, was in der größeren absoluten Systemmenge deutlich zum Ausdruck kommt. Die größere Systemmenge kann nun ihrerseits höhere Produktleistungen erbringen, wie die größeren absoluten Produktmengen auch tatsächlich bestätigen. Die Verlängerung der Systemsynthese wird gleichzeitig durch die verminderte Produktbildungsgeschwindigkeit des Systems unterstützt, indem diese zusätzlich die frühzeitige

Ansammlung von Produkten verhindert. Entsprechende Verhältnisse liegen auch im Korn vor.

Diese Beobachtungen bestätigen die eminent wichtige Funktion des Stickstoffs bei der Ertragsbildung. Es kristallisiert sich heraus, daß die Menge an verabreichtem Stickstoff einen entscheidenden Einfluß auf die Art, d.h. die Qualität, und auf die Höhe des zu bildenden Ertrages hat. Nicht nur die Höhe sondern auch der Zeitpunkt verabreichter N-Gaben hat sicher einen Einfluß auf die Qualität, denn es werden stets die Synthesevorgänge gefördert, die zur Zeit der Nährstoffgabe gerade ablaufen.

Vergleicht man zum Abschluß dieser allgemeinen Betrachtungen die Zahlenwerte der Syntheseleistungen des Systems für die Produkte der beiden Varianten, so sticht ins Auge, daß bei der Variante 1 relativ wesentlich höhere Leistungen erbracht werden als bei der Variante 3. Im Verhältnis zur Systemmenge müßte das System der Var.3 etwa doppelt soviel mg Produkt erzeugen. Die Pflanzen der Var.1 existieren an der Grenze der Unterversorgung mit Stickstoff, d.h. es lag nahezu N-Mangel vor. Diese Notsituation zwang die Pflanzen unter Aufbietung aller zur Verfügung stehenden Kräfte, das Bestmögliche aus dieser Situation zu machen. Die Var.3 hatte Stickstoff im Überfluß; sie trieb wahrscheinlich bereits Luxuskonsum. Bei dieser Variante können nicht alle Synthesemöglichkeiten optimal ausgeschöpft werden, da andere Faktoren, wie z.B. Licht, CO_2 -Versorgung, begrenzend wirken. Würden die hier im Minimum vorliegenden Faktoren entsprechend verbessert, so könnte der Stickstoff der Var.3 wahrscheinlich die gleiche Leistung vollbringen.

Die folgende Abb.16 soll noch einmal bildlich die Veränderung der Bildungsgeschwindigkeiten durch die unterschiedliche N-Versorgung aufzeigen.

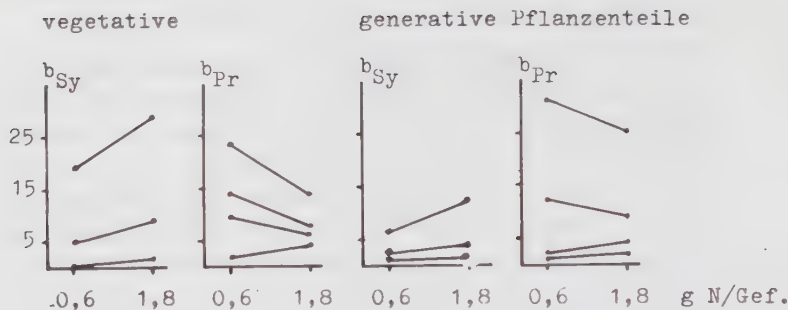


Abb.16 Einfluß des Stickstoffs auf die Bildungsgeschwindigkeiten von System und Produkt

Diskussion der einzelnen Ergebnisse

Da sich bei Weizen die Maxima der Differentialkurven des System- und des Produktwachstums nicht überschneiden, sondern zeitlich voneinander getrennt liegen, könnte sich hieraus eine Möglichkeit der Zuordnung der einzelnen Stoffgruppen zum System oder zum Produkt ergeben.

Bildet man die Differentialquotienten der Rohfasergehalte pro Pflanze und vergleicht sie mit denen des Produktgehaltes, so sind die Maxima beider Kurven identisch. Die Rohfaser nimmt demnach zur Zeit der maximalen Produktsynthese am stärksten zu. Daraus läßt sich eine Zuordnung des Inhaltsstoffes Rohfaser zu den Produkten der Pflanze ableiten, die auf Grund ihrer Funktion in der Pflanze als gerechtfertigt erscheint. Diese Zuordnung der Rohfaser zu den Produkten schließt jedoch nicht aus, daß ein bestimmter Anteil der Rohfaser essentieller Systembestandteil sein kann. Dieser Anteil ist wahrscheinlich so klein, daß er mit dieser groben Methode nicht erfaßt werden kann. Abb.17 verdeutlicht den Verlauf der Zuwachskurve der

Rohfaser in der Zeit.

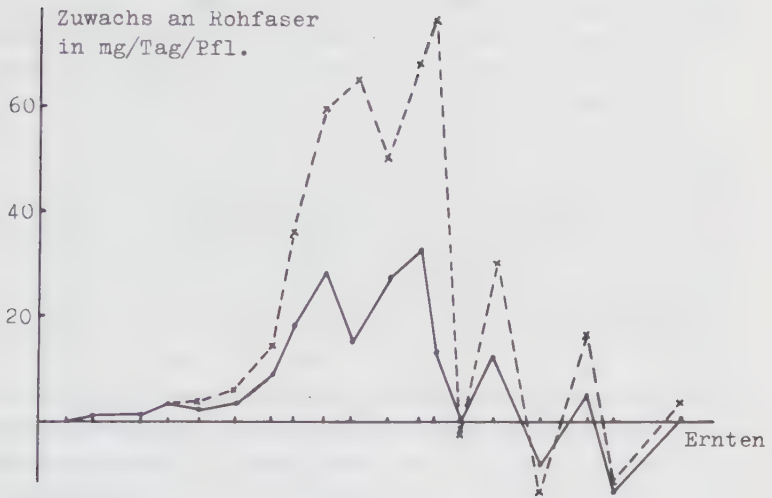


Abb.17 Zuwachs an Rohfaser in mg/Tag/Pflanze
Var.1 — Var.3 ----, gilt für alle Zuwachskurven

Der Einfluß gesteigerter N-Gaben auf den zeitlichen Beginn der Rohfasersynthese

Folgende drei Gesichtspunkte seien der Erklärung vorausgestellt.

1. Die absoluten Rohfasermengen und damit auch die Zuwachsraten sind bei Var.3 höher.
2. Der steile Anstieg des Rohfasergehaltes pro Pflanze erfolgt bei Var.1 zwischen der VII. und VIII. Ernte, etwa am 53. Wachstumstage, bei Var.3 dagegen erst zwischen den Ernten VIII und IX, etwa am 58. Tage.
3. Bei beiden Varianten ergeben die Zuwachsraten zwei Maxima, die zeitlich verschoben sind. Bei Var.1

liegen diese zwischen der IX. und X. sowie der XII. und XIII. Ernte, der Abfall beginnt etwa am 80. Tage nach Saat; bei Var.3 dagegen liegen die Maxima zwischen der X. und XI. sowie der XIII. und XIV. Ernte, der Abfall setzt etwa am 85. Tage nach der Saat ein.

Diese Beobachtungen besagen, daß durch den Einfluß der gesteigerten N-Düngung der lineare Anstieg der Rohfaserproduktion um 5 Tage verschoben werden konnte. Die Phase der maximalen Rohfaserbildung konnte ebenfalls um 5 Tage verlängert werden. Beide Eingriffe des Stickstoffs haben eine Vermehrung der gesamten Rohfasermenge zur Folge.

Ebenso deutlich wie die Zuordnung der Rohfaser zu den Produkten der Pflanze ist auch die der gesamthydrolysierbaren Kohlenhydrate. Der maximale Zuwachs dieser Stoffgruppe deckt sich eindeutig mit dem der gesamten Produktkurve, so daß die Kohlenhydrate typische Produkte darstellen.

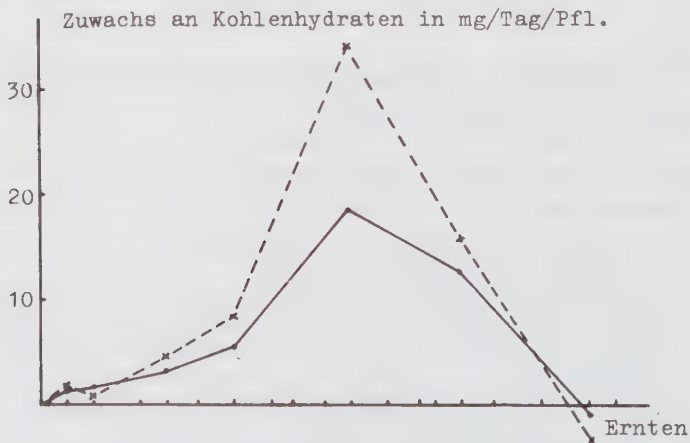


Abb.18 Zuwachs an Kohlenhydraten in mg/Tag/Pflanze

Der Einfluß des Stickstoffs auf den zeitlichen Beginn und auf den Umfang der Köhlenhydratsynthese kann leider nicht dargestellt werden, da die Abstände zwischen den untersuchten Ernten zu groß sind. Da aber die absoluten Gehalte der Var.3 höher liegen als die der Var.1, ist mit entsprechenden Ergebnissen wie bei der Rohfaser zu rechnen.

Der Rohfettzuwachs äußert sich in drei auffallenden Maxima. Das erste soll vernachlässigt werden, da es wahrscheinlich mit den Auswaschungsverlusten und dem Hinzufügen des ausgewaschenen Wassers in Verbindung gebracht werden muß. Das zweite Maximum zur VII. Ernte deckt sich genau mit dem maximalen Zuwachs an lebendem System, das dritte Maximum zur XII. Ernte mit dem maximalen Zuwachs an Produkten. Die Rohfette müßten demnach teils dem System, teils den Produkten angehören. Diese Aussage war bereits auf Grund der unterschiedlichen physiologischen Bedeutung der Fette zu erwarten. Es ist anzunehmen, daß die Fraktion der Phosphatide ausschließlich dem lebenden System angehört. Da die Phosphatide indirekt über die Bestimmung der Phosphorfraktionen errechenbar sind, sollen diese später genauer dargelegten Ergebnisse schon vorweggenommen werden.

Die Zuwachskurve der Phosphatide enthält ebenfalls zwei Maxima, eines zur Zeit des maximalen Systemwachstums und eines zum Zeitpunkt maximalen Produktwachstums. Diese Tatsache läßt zwei Erklärungsmöglichkeiten zu. Zum einen kann die Trennung der P-Fractionen unvollständig sein, so daß keine reine Phosphatidfraktion vorliegt, zum anderen müßten die Phosphatide teilweise Produktfunktion haben. Da Phosphatide aber in der Hauptsache als Bestandteil biologischer Membranen wirksam sind, in denen sie unmittelbar Systemfunktion besitzen, ist es sicherlich berechtigt, die Erklärung

für den widersprüchlichen Befund in der ungenauen Auftrennung der P-Fractionen zu suchen. Wenzel (1956) und auch Kurmies (1960) wiesen darauf hin, daß bei der Hitzeextraktion teilweise auch anorganische Bestandteile mit in Lösung gehen.

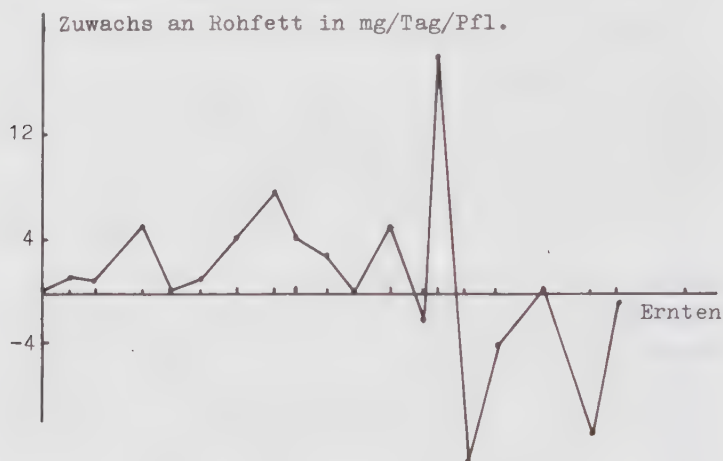


Abb.19 Zuwachs an Rohfett in mg/Tag/Pflanze

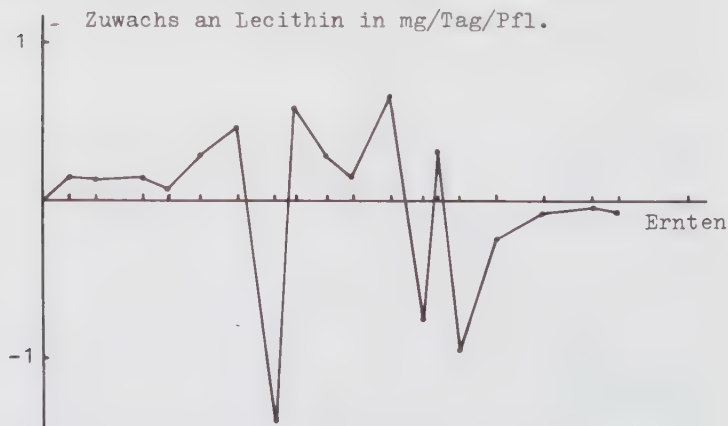


Abb.20 Zuwachs an Lecithin in mg/Tag/Pflanze

Ein weiterer Gegenstand der Diskussion soll das Verhältnis der N-haltigen zu den N-freien Inhaltsstoffen in der Pflanze bei gesteigerter N-Düngung sein.

Aus den Proteingehalten der Pflanzen bei Lach(1969) geht hervor, daß gesteigerte Stickstoffdüngung den Eiweißgehalt erhöhte. Die eigenen Untersuchungen der N-freien Komponenten zeigten ein umgekehrtes Verhalten, nämlich niedere Gehalte bei höheren N-Gaben. Dieses negative Verhältnis von Eiweiß und Rohfaser konnte auch von Tellheim (1968) festgestellt werden.

In der vorliegenden Arbeit verursachte die gestaffelte N-Düngung nur zu Beginn der Vegetation eine Senkung des Rohfasergehaltes; zur VIII. Ernte glichen sich die Gehalte der drei Varianten an, im Verlaufe des weiteren Wachstums stieg dann der Rohfaseranteil mit der höheren N-Versorgung an. Deutlich sichtbar ist der Abstand zwischen der 1. und 3. Variante.

Der Literatur sind sehr unterschiedliche Ergebnisse über den Einfluß gesteigerter N-Gaben auf den Rohfasergehalt zu entnehmen. Bei Seibert (1939) und Specht (1957) verursachte die Stickstoffdüngung eine Tendenz zur Abnahme des Rohfasergehaltes. Tellheim (1968) beobachtete ebenfalls eine negative Beziehung. Einen Anstieg dagegen fanden Primöst (1964), Nehring und Beyer (1965 und 1966), Wiesemüller (1963) bei Gaben von 0 bis etwa 150 kg N/ha, eine Abnahme bei etwa 300 kg N/ha, desgleichen Nienstedt (1969). Ein sehr geringer Einfluß der N-Düngung trat bei Versuchen von Skirde (1968) und Shaaban (1968) auf.

Die gesteigerte N-Versorgung hatte auf den Gehalt an gesamthydrolysierbaren Kohlenhydraten einen negativen Einfluß. Ebenfalls negative Beziehungen fand Kolbe (1956) bei der Zuckerrübe. Skirde (1968) und Nienstedt (1968) konnten eine Senkung des Gesamtzuckergehaltes im Verlaufe der Vegetation ermitteln. Shaaban (1968) erzielte

nur einen geringen Einfluß der N-Düngung auf den Kohlenhydratgehalt. Eine Abnahme des Gesamtzuckergehaltes war das Ergebnis der Untersuchungen von Giesecke und Schmalfuß (1942), der Gehalt an direktreduzierenden Zuckern blieb nahezu konstant. Auch Lefebvre und Joliet (1968) kamen zu einem umgekehrten Verhältnis von N-Düngung und löslichem Kohlenhydratgehalt. Amberger (1954) konnte durch gesteigerte N-Versorgung eine Zunahme der direktreduzierenden Zucker registrieren, die er auf vermehrte Aktivität der kohlenhydratspaltenden Fermente zurückführte, da gleichzeitig Saccharose- und Stärkegehalt abnahmen. Entsprechende Ergebnisse, d.h. eine Zunahme an Glukose und Fruktose, sowie eine Abnahme an Saccharose bei steigender Ammoniumnitraternährung, sind der Arbeit von Schulze (1964) zu entnehmen.

Diese Untersuchungen, die den Einfluß des Stickstoffs auf den Gehalt einzelner Kohlenhydrate beschreiben, stimmen jedoch im wesentlichen mit den vorliegenden Ergebnissen überein, da diese lediglich die Werte für gesamthydrolysierbare Kohlenhydrate enthalten. Da der Anteil der Polysaccharide an diesem Kohlenhydratgehalt größer ist als der der Monosaccharide, so muß daraus eine Abnahme des Zuckergehaltes bei steigender N-Versorgung resultieren.

Abbildung 21 zeigt den Einfluß der gesteigerten Stickstoffdüngung auf den prozentualen Rohfaser- und Kohlenhydratgehalt.

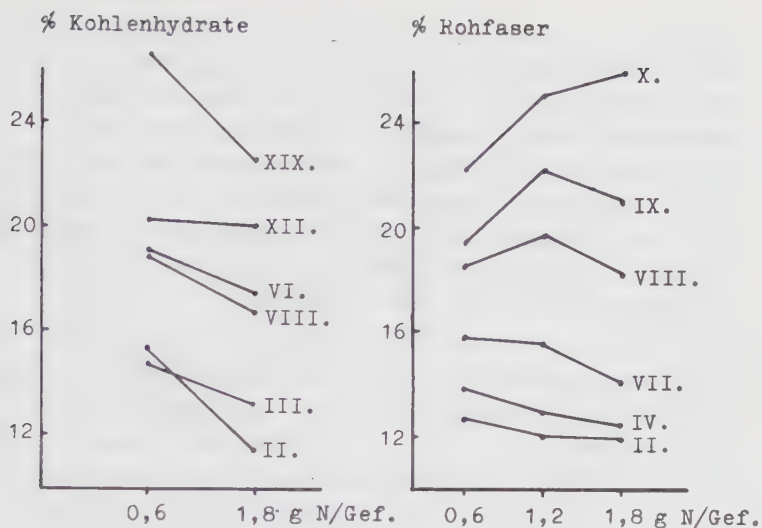


Abb. 21 Der Einfluß des Stickstoffs auf den prozentualen Kohlenhydrat- und Rohfasergehalt

F Gehalte an Mineralstoffen im Verlaufe der Vegetation

1. Die Gesamtasche

Der zweite Teil der analytischen Untersuchungen war den anorganischen Bestandteilen des pflanzlichen Materials gewidmet. Zur Ermittlung der gesamten anorganischen Komponenten, der Rohasche, wird nach Paech (1956) die Trockensubstanz geglüht. Bei diesem Oxydationsvorgang werden alle organischen Stoffe in CO_2 und Wasser umgewandelt, ein großer Teil der Mineralstoffe bleibt in der Asche in Form von Oxyden zurück.

Der Rohaschegehalt in mg/g Trockensubstanz der Varianten 1 und 3 ist in Tab. 10 enthalten. Die Graphik, Abb. 22, zeigt, daß die höchsten Asche- und damit Nährstoffgehalte bis zur Phase des Schossens vorhanden sind. Danach

sinken die Anteile bis auf Werte um 4,5% zur Zeit der Fruchtabtrennung ab. Diese Ergebnisse decken sich mit der Tatsache, daß die Aufnahme der Elemente der Trockenmassebildung vorausseilt, so daß junge Pflanzen höhere Mineralstoffgehalte haben müssen als ältere. Eine Abnahme der Rohaschekonzentration zeigen auch die Versuchsergebnisse von Steger, Kasdorf und Püschel (1961) bei Mais, sowie die von Nehring und Beyer (1965) bei Grünroggen und (1966) bei Grünhafer.

Das Vorausseilen der Mineralstoffe spiegeln auch die absoluten Rohaschegehalte in mg/Pflanze, Tab.10, Abb.23, wider, da der steile Anstieg der Kurve vor dem der Trockensubstanz erfolgt. Die Analysenergebnisse zeigen, daß der Gehalt an anorganischen Elementen in der Pflanze bis zum Zeitpunkt der Fruchtabtrennung ansteigt, danach fällt er ab. Zur Zeit der Reife der Frucht werden die Aschebestandteile zum Teil in das Korn verlagert, da der Aschegehalt im Korn ansteigt. Der Gesamtaschegehalt in den vegetativen und generativen Pflanzenteilen sinkt ab, da teils durch Stoffabgabe, teils durch Stoffauswaschung, Verluste auftreten.

Der Aussagewert des Rohaschegehaltes im Verlaufe der Vegetation ist jedoch relativ gering, da er keine Auskunft über die Zusammensetzung der Asche gibt.

Mit Hilfe der Absorptions-Flammenphotometrie, Leithe (1961), Judel und Heilenz (1969), wurde die Pflanzenasche auf die Makroelemente K, Ca, Mg, Na und auf die Mikroelemente Fe und Mn untersucht. Der Phosphorgehalt der Asche wurde kolorimetrisch nach Gericke und Kurmies (1952) ermittelt.

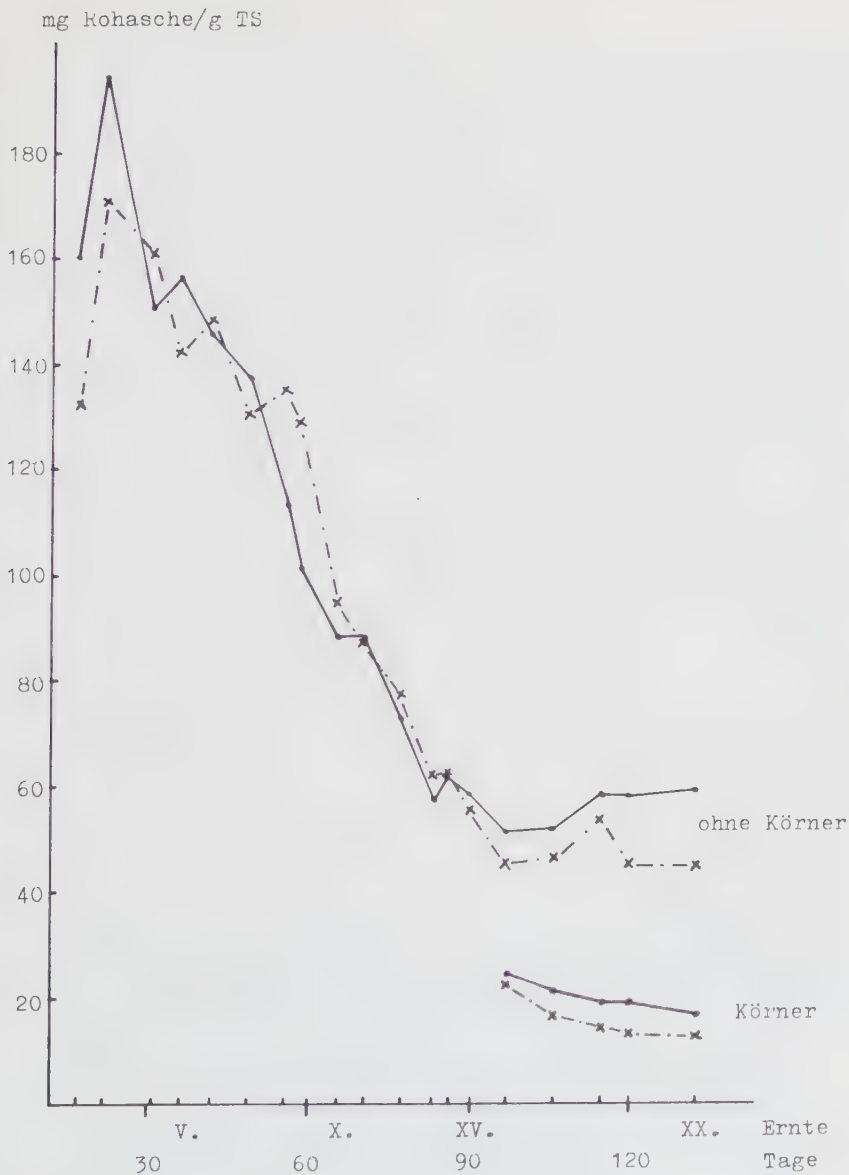


Abb.22 Rohaschegehalte in mg/g Trockenmasse

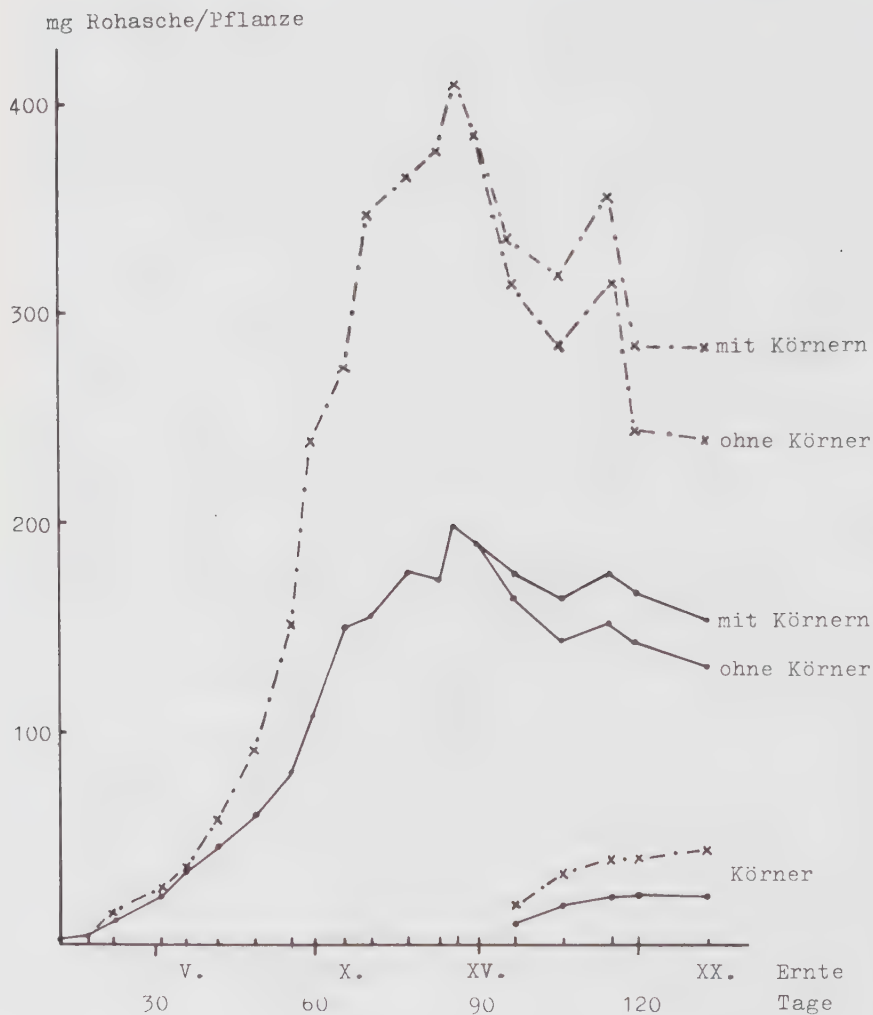


Abb.23 Rohaschegehalte in mg/Pflanze

2. Das Kalium

Kalium liegt in der Pflanze stets als ungebundenes Ion vor und ist daher sehr leicht in der Pflanze beweglich. Kalium ist weder Bestandteil der lebentragenden Strukturen noch Baustein der Produkte, es vermag nur ionisierte Stellen beider Zellkomponenten abzusättigen.

Die Wirkung des Kaliums besteht in der Regulation des Wasserhaushaltes der Pflanze. Durch seine quellenden und hydratisierenden Eigenschaften greift Kalium regulierend in das Stoffwechselgeschehen des lebenden Systems ein. Seine physiologische Bedeutung besteht weiterhin in der Aktivierung zahlreicher Enzyme. Seine Beteiligung an der Photosynthese beruht im wesentlichen auf der Einwirkung auf die Lichtphosphorylierung. Weiterhin besitzt es aktivierende Wirkung auf viele Phosphorylierungsprozesse. Kalium übt Einfluß auf die Hydrolasentätigkeit aus; bei ungünstiger K-Versorgung kommt es zur Anreicherung niedermolekularer löslicher Kohlenhydrate und löslicher N-Verbindungen.

Der Kaliumgehalt, Tab.11, Abb.24, sinkt im Verlaufe der Vegetation in Übereinstimmung mit Scharrer und Mengel (1960), Smith (1960), Steger, Kasdorf und Püschel (1961), Podusowska (1963), Stählin und Nienstedt (1969) ab. Das Maximum des absoluten Kaliumgehaltes pro Pflanze, Tab.12, Abb.25, liegt bei der IX. Ernte, zur Zeit des Schossens. Darin kommt zum Ausdruck, daß die Kaliumaufnahme der Trockensubstanzbildung deutlich vorseilt. Ein Teil des Kaliums wird in das sich bildende Korn verlagert, ein Teil des Kaliums geht aber der Pflanze verloren, da der Gesamtgehalt der vegetativen und generativen Pflanzenteile abnimmt. Diese Kaliumverluste entstehen wahrscheinlich durch Abgabe des Kaliums durch die Pflanzenwurzel.

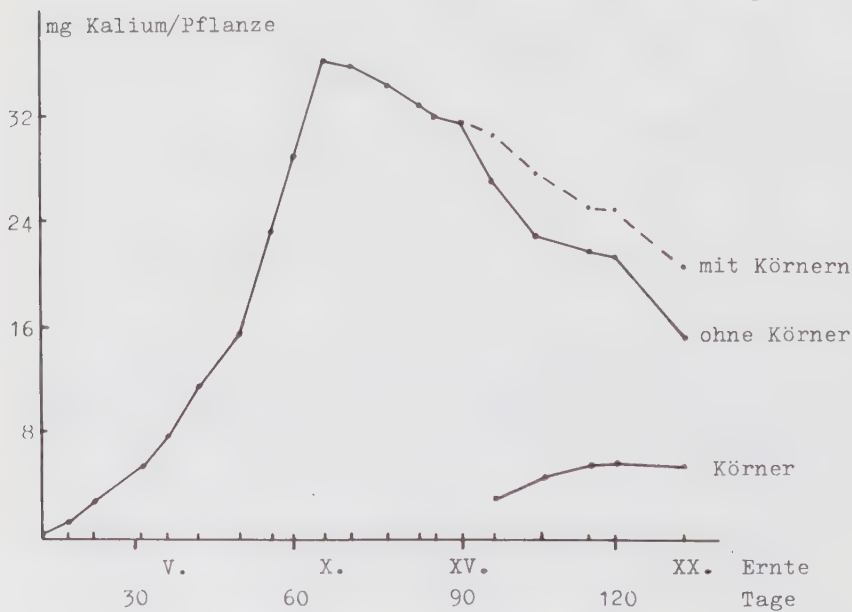
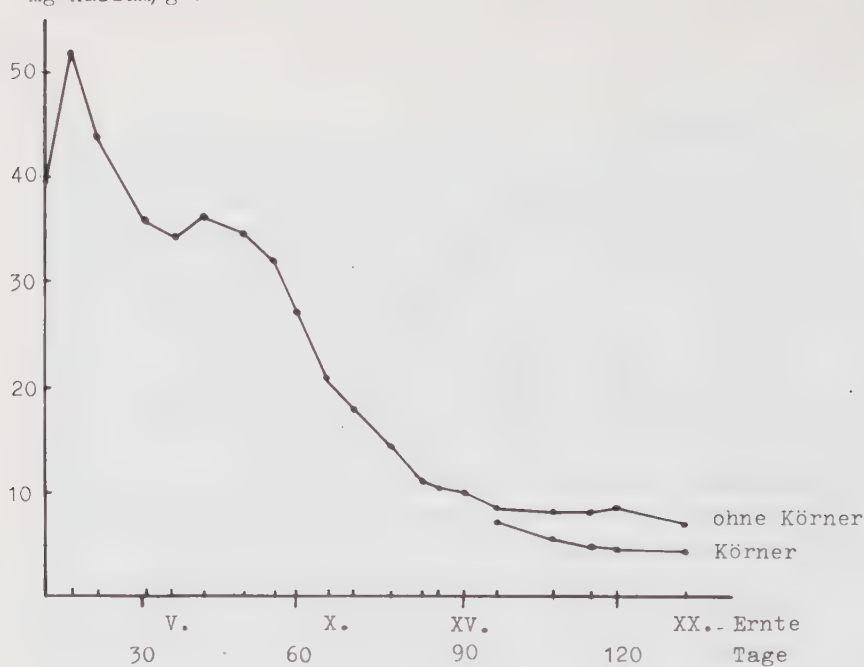


Abb.24 oben, Abb.25 unten, Kaliumgehalte in mg/g TS und in mg/Pflanze

3. Das Calcium

Das Calcium liegt in der Pflanze fester gebunden vor als das Kalium, da der Wasserextrakt nur 40% des vorhandenen Calciums enthält. Es wirkt physiologisch dem Kalium entgegen, indem es den Quellungszustand der Plasmakolloide herabsetzt. Damit beeinflusst es wie das Kalium die Umsetzungsgeschwindigkeiten des lebenden Systems. Calcium ist Baustein einiger Fermente wie Lipase, Cholinesterase, Amylase, und Aktivator der Argininkinase, der ATP-ase, usw. Neben der stimulierenden Wirkung des Calciums auf die Bildung der Mitochondrien (Florell 1957), beobachtete Burström (1954) einen Einfluß des Calciums auf die Zellstreckung sowie auf die Elastizität der Zellwände. Die letztgenannte Wirkung soll auf der Bildung eines Ca-Chelatkomplexes beruhen (Burström und Tullin 1957). Weiterhin soll Calcium eine Rolle beim Kohlenhydrattransport spielen.

Calcium tritt auch als Bestandteil systembelastender Stoffwechselendprodukte auf, indem es unlösliche oder schwerlösliche Salze bildet, wie z.B. Ca-Oxalat, Ca-Phosphate, Ca-Karbonat, Ca-Pektinate.

Der im Verlauf der Vegetation ermittelte Calciumgehalt, Tab.11, Abb.26, nimmt in Übereinstimmung mit Scharrer und Mengel (1960), Smith (1960), Steger, Kasdorf und Püschel (1961), Stählin und Nienstedt (1969) ab. Es ist bekannt, daß die Calciumgehalte starken Schwankungen unterliegen, da sie von den jeweiligen Bodenverhältnissen abhängen.

Die absoluten Calciumgehalte pro Pflanze, Tab.12, Abb.26a, zeigen, daß das Maximum des Calciumgehaltes zur IX. Ernte, dem Zeitpunkt des Schossens erreicht ist. Ein geringer Teil des Calciums wird in das reifende Korn transportiert. Der Gesamtcalciumgehalt bleibt konstant, so daß keine Verluste auftreten.

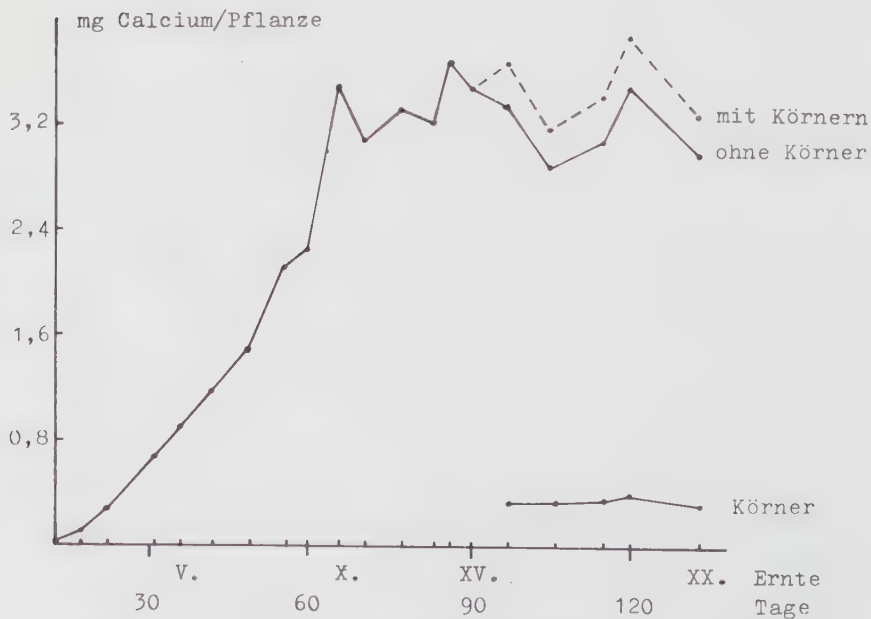
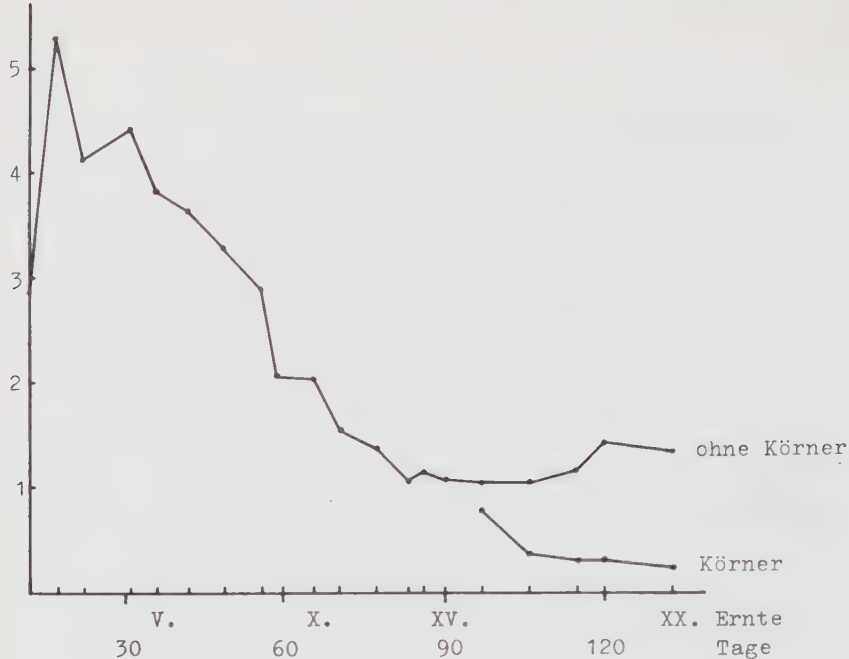


Abb. 26 oben, Abb. 26a unten, Calciumgehalte in mg/g TS
und in mg/Pflanze

4. Das Magnesium

Magnesium ist ein unersetzlicher Bestandteil des Chlorophylls und damit auch des lebenden Systems. Es kann diese Funktion erfüllen, da wie Levitt (1954) zeigte, seine Elektronenresonanz mit der des Chlorophylls übereinstimmt. Weiterhin spielt Magnesium eine entscheidende Rolle bei enzymatischen Prozessen, indem es teilweise als Baustein, teilweise als Aktivator von Enzymen auftritt. Als Baustein der Phosphatasen und Pyrophosphoesterasen erstreckt sich seine Wirkung auf den gesamten Kohlenhydratstoffwechsel, sowohl auf die Synthese als auch auf den Abbau. Als Aktivator der Phosphorylierungen vermag es auch in den Fett-, Eiweiß- und Nukleinsäurestoffwechsel einzugreifen.

Demnach bestehen zwischen dem Magnesium und dem Phosphatstoffwechsel enge Beziehungen. Auf diese Art und Weise wird das Magnesium über die Phosphorylierungen zu einem wichtigen, unersetzlichen, regulierenden Faktor im Stoffwechsel.

Magnesium ist außerdem Bestandteil des Phytins, das einen Reservestoff für Phosphor darstellt. Weiterhin spielt es eine Rolle bei der Aufrechterhaltung des optimalen Quellungszustandes der Plasmakolloide.

Der prozentuale Magnesiumgehalt, Tab.11, Abb.27, nimmt im Verlaufe der Vegetation ab, wie auch andere Autoren Scharrer und Mengel (1960), Stählin und Nienstedt (1969) feststellten. Auffallend ist der anfangs relativ hohe Magnesiumgehalt der Körner, der im Verlaufe der Reife absinkt. Er ist zur Ausbildung der Reservekohlenhydrate im Korn notwendig.

Die absoluten Magnesiumgehalte, Tab.12, Abb.28, nehmen bis zur XIV. Ernte, dem Zeitpunkt der Kornausbildung, zu. Im Stroh sinkt der Magnesiumgehalt ab, das gesamte Magnesium wird in das Korn verlagert.

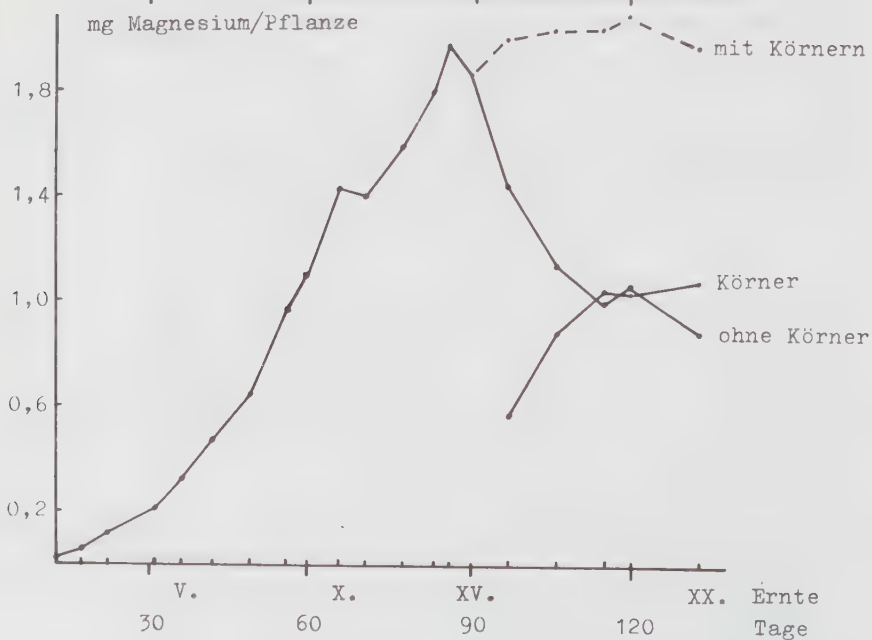


Abb.27 oben, Abb.28 unten, Magnesiumgehalte in mg/g TS
und in mg/Pflanze

5. Das Natrium

Spezifische Funktionen des Natriums in der Pflanze sind nicht bekannt. Es kommt vorwiegend als Ion in der Pflanze vor. Seine Bedeutung dürfte nur in der Regulation des Wasserhaushaltes bestehen. In dieser Funktion kann es das Kalium ersetzen.

Der Natriumgehalt in mg/g TS, Tab.11, Abb.29, hat eine abnehmende Tendenz im Verlaufe der Vegetation. Entsprechende Befunde liegen auch von Scharrer und Mengel (1960), Steger, Kasdorf und Püschel (1961), Stählin und Nienstedt (1969) vor.

Die absoluten Werte, Tab.12, Abb.30, zeigen, daß die höchsten Natriumgehalte in der Pflanze zur XI. Ernte, dem Zeitpunkt der Halmverdickung, erreicht sind. Auswaschungsverluste treten keine auf, da der gesamte Natriumgehalt der vegetativen und generativen Pflanzenteile nahezu konstant bleibt. Ein geringer Anteil des Natriums wird in das Korn abtransportiert.

mg Natrium/g TS

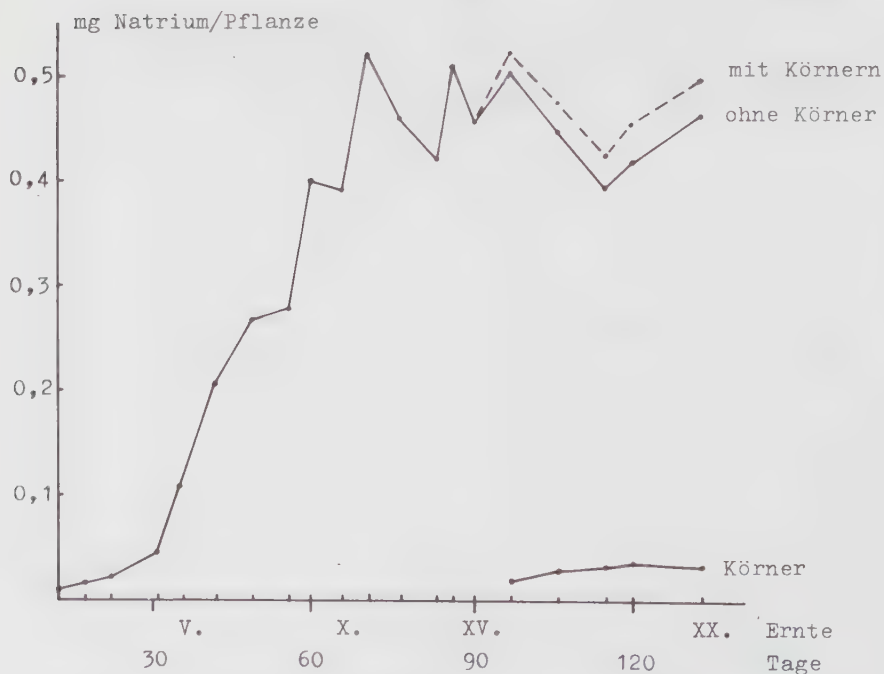
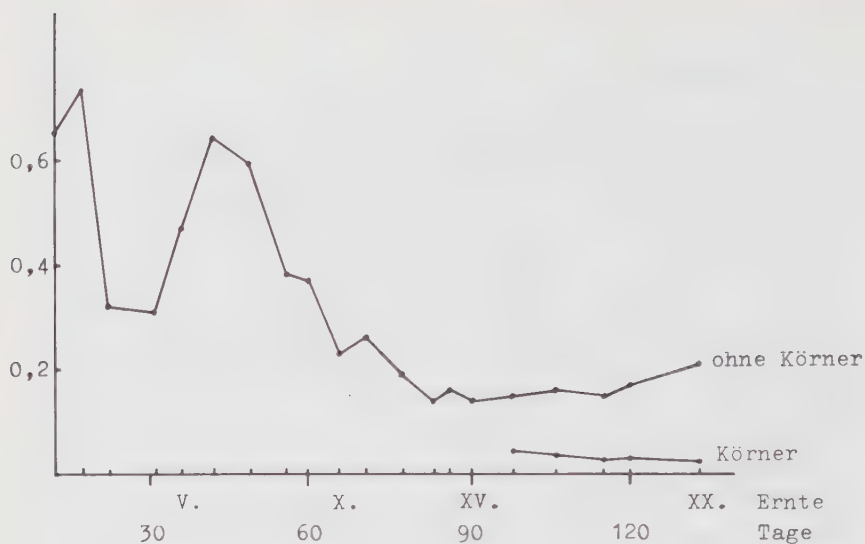


Abb.29 oben, Abb.30 unten, Natriumgehalte in mg/g TS

6. Der Phosphor

Der Phosphor gehört zu den wenigen Bausteinen der Strukturen des lebenden Systems. Als Bestandteil der Nukleinsäuren bzw. der Nukleotide ist er am Aufbau des informationstragenden Systems beteiligt. Im metabolischen System steuert er alle Stoffwechselvorgänge, indem er in Form von ATP Energie speichert und zur Reaktion bereitstellt. Als Bestandteil des gruppenübertragenden Coenzym A fungiert er ebenfalls als Aktivator vieler Stoffwechselreaktionen. Der Phosphor kann seine Aufgaben nur erfüllen, wenn neben dem in den Strukturen eingebautem Phosphat eine bestimmte Menge an anorganischem Phosphat vorliegt, das für die Phosphorylierungsprozesse verfügbar sein muß.

Der Phosphor greift demzufolge unmittelbar in die Reproduktion des Systems als auch in die Stoffwechselumsetzungen ein. Durch seine energieliefernde Wirkung kann er die Umsetzungsgeschwindigkeiten steuern.

Ein Teil des Phosphors liegt in der Pflanze als Calcium-Salz der Hexa-Inosit-Phosphorsäure, dem Phytin, vor. Phytin stellt einen Reservestoff dar, aus dem anorganischer Phosphor mobilisiert werden kann.

Die prozentualen Phosphorgehalte, Tab.13, Abb.31, nehmen im Verlaufe der Vegetation ab. Ergebnisse von Scharrer und Mengel (1960), Steger, Kasdorf und Püschel (1961), Smith (1960), Dougall (1963), Podusowska (1963), Stählin und Nienstedt (1969), Tellheim (1968) bestätigen die abfallende Tendenz. Die gesteigerte N-Düngung hatte auf den prozentischen P-Gehalt keinen Einfluß, wie auch von Wiesenmüller (1963) festgestellt wurde. Der Anstieg des P-Gehaltes zwischen der VII. und VIII. Ernte könnte auf veränderte Löslichkeitsbedingungen des Phosphors durch Zugabe des ausgewaschenen Wassers zurückzuführen sein. Der P-Gehalt der Körner sinkt von 0,4 auf 0,2% ab.

Stellt man die absoluten Phosphorgehalte in mg P/Pflanze, Tab.14, graphisch dar, Abb.32, so ergibt sich das Bild einer Optimumskurve, das Optimum liegt zur Zeit der Blüte. Große P-Anreicherungen sind in den Körnern festzustellen. Die absolute P-Menge nimmt bis zur Reife zu, wie bereits aus Arbeiten von Arendt (1859) an Haferkörnern hervorgeht.

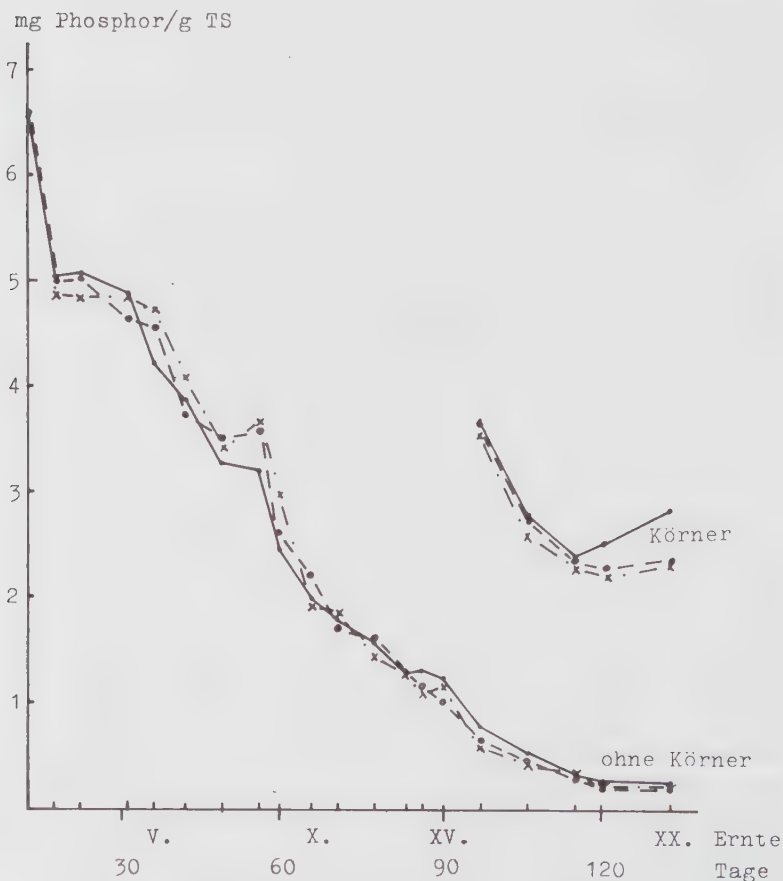


Abb.31 Phosphorgehalte in mg/g Trockenmasse

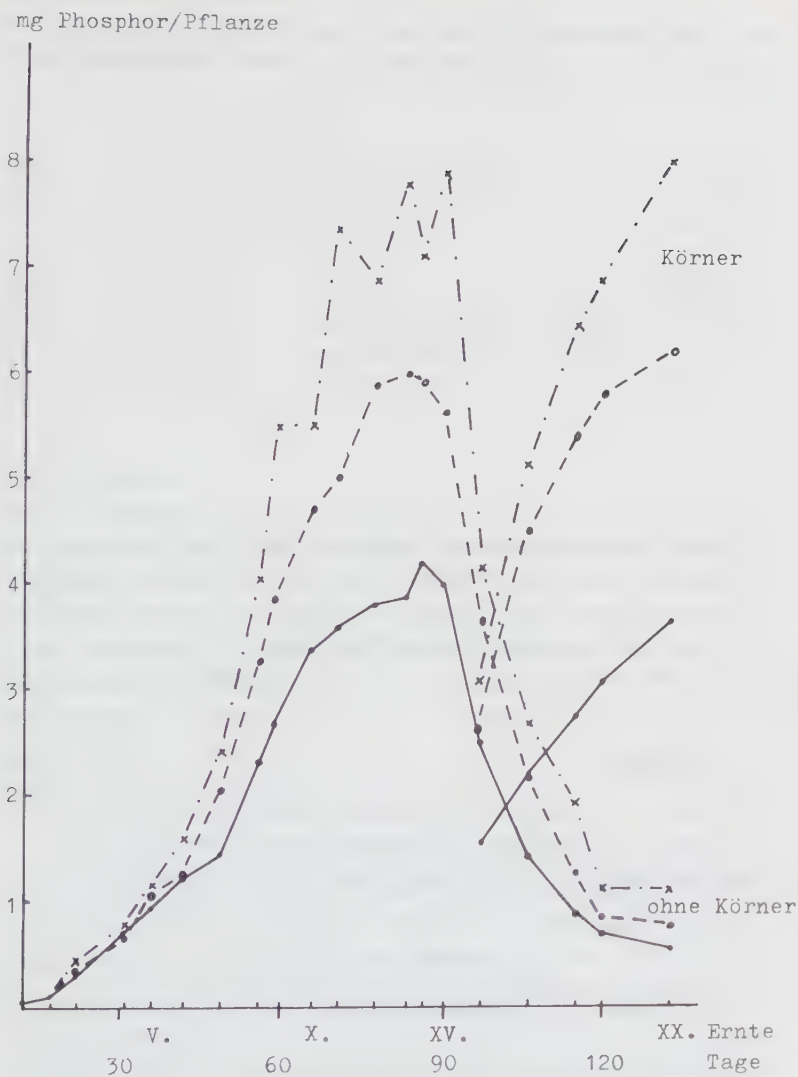
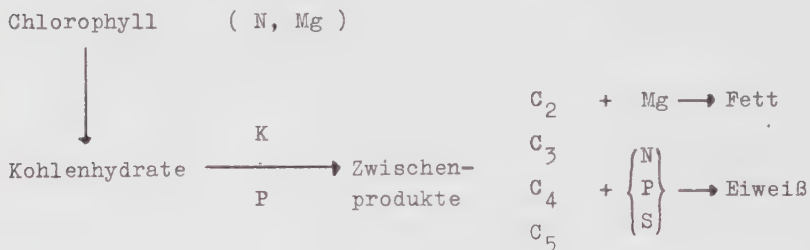


Abb.32 Phosphorgehalte in mg/Pflanze

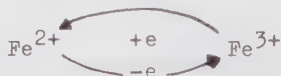
Für das Zusammenwirken einiger Makronährstoffe im Stoffwechsel gibt Linser (1957) folgenden Überblick:



Aus diesem Schema geht hervor, daß bei Kaliummangel kein Kohlenhydratabbau stattfindet. Die aus diesem Abbau stammenden Zwischenprodukte können nur dann im Stoffwechsel weiterverarbeitet werden, wenn einerseits Magnesium, andererseits Stickstoff, Phosphor und Schwefel vorhanden sind, sonst entstehen daraus systembelastende Stoffe.

7. Das Eisen

Das Eisen ist Bestandteil einiger Enzymsysteme, wie Peroxydase, Katalase, Cytochromoxydase (Warburgsches Atmungsferment), Cytochrome, usw. Seine Wirkung beruht auf dem Valenzwechsel.



Eisen ist damit essentieller Faktor der Atmung, der Photosynthese und des Energiestoffwechsels, demzufolge sind besonders die Mitochondrien, die Chloroplasten und der Zellkern eisenreich. Liebig stellte bereits 1941 fest, daß nur ein geringer Teil des Eisens an

Häm gebunden vorliegt, die Hauptmenge binden die Nukleinsäuren und das Eiweiß. In den Chloroplasten kommt das Eisen in Form des Ferredoxins vor, einem essentiellen Faktor der Chlorophyllsynthese.

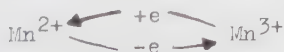
Der prozentuale Eisengehalt nimmt im Verlaufe der Vegetation ab, Tab.11, Abb.34.

Die absoluten Eisengehalte, Tab.12, Abb.35, steigen bis zur XIV. Ernte, dem Zeitpunkt der Blüte an und sinken dann rapid ab. Der Eisengehalt des Kornes ist minimal. Da Auswaschungsverluste des Eisens bisher nicht bekannt sind, könnte die Abnahme des gesamten Eisengehaltes auf eine Eisenabgabe durch die Wurzel schließen lassen.

8. Das Mangan

Das Mangan ist Aktivator zahlreicher Enzyme. Es kann das Magnesium teilweise bei den Phosphorylierungsprozessen ersetzen, da es ebenso in der Lage ist, zwischen dem Phosphatrest und dem Enzym eine Brücke zu bilden. Mangan aktiviert Enzyme des Trikarbonsäurecyclus, es spielt eine Rolle bei der Photosynthese, und zwar bei der Wasserspaltung.

Die Wirkung des Mangans beruht auf dem Valenzwechsel.



Auf Grund dieses Valenzwechsels ähnelt das Mangan dem Eisen, in seiner Wirkung jedoch dem Magnesium. Von Bedeutung ist auch der Einfluß des Mangans auf die Oxydations- und Reduktionsvorgänge im pflanzlichen Organismus, z.B. die Oxydation der Indolelessigsäure.

Der Mangangehalt, Tab.11, Abb.36, sinkt im Verlaufe der Vegetation in Übereinstimmung mit Steger, Kasdorf und Püschel (1961) ab.

Die Absolutwerte, Tab.12, Abb.37, bilden eine Optimumskurve, die der des Magnesiums ähnelt. Ein auffallendes Maximum kennzeichnet die X. Ernte, die Zeit der Ährenentwicklung, ein zweites die XIII. Ernte, den Beginn der Blüte. Nach der Blüte sinkt der Mangangehalt der Pflanze stark ab, da ein großer Teil in das reifende Korn verlagert wird. Da sich der Gesamtman-
gangehalt der vegetativen und generativen Pflanzenteile ebenfalls vermindert, muß ein Manganverlust durch Auswaschung oder Abgabe durch die Wurzel stattfinden.

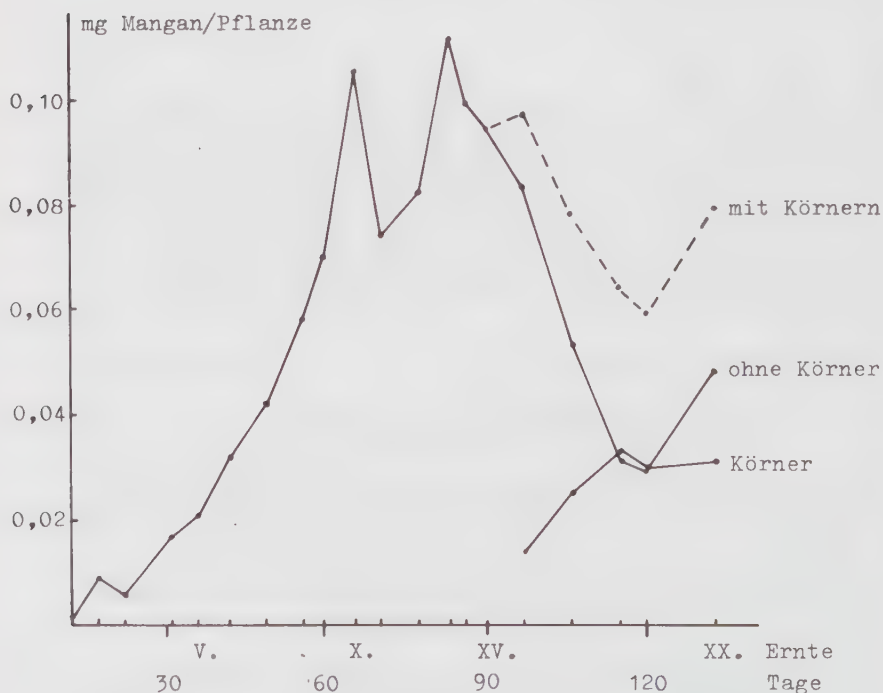


Abb.37 Mangangehalte in mg/Pflanze

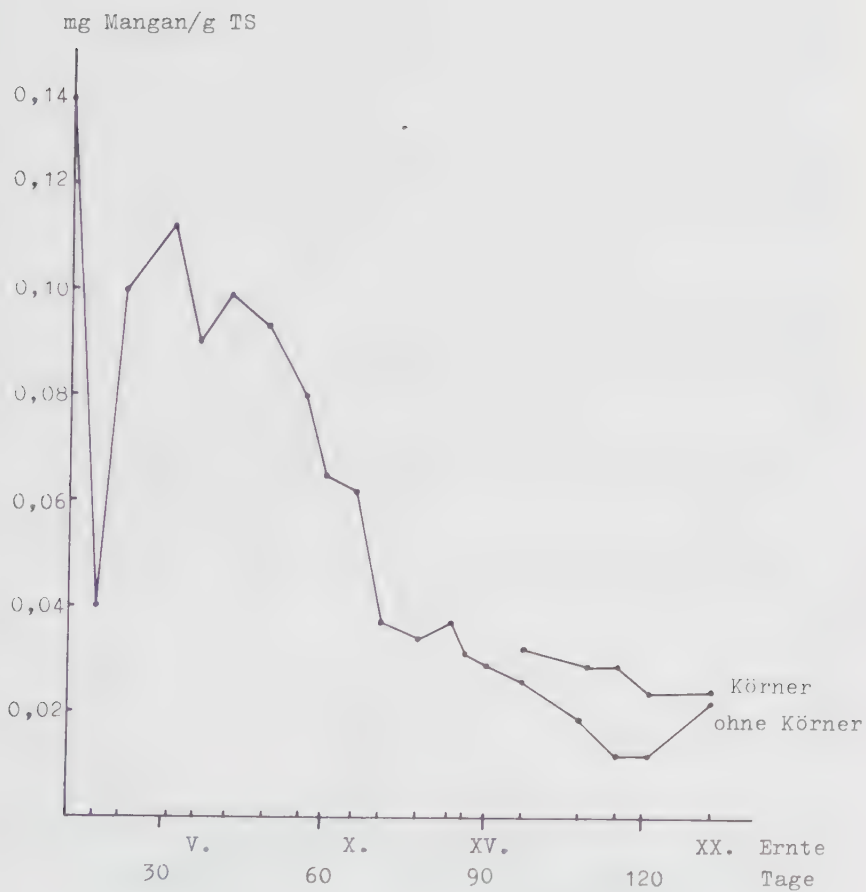


Abb.36 Mangangehalte in mg/g Trockenmasse

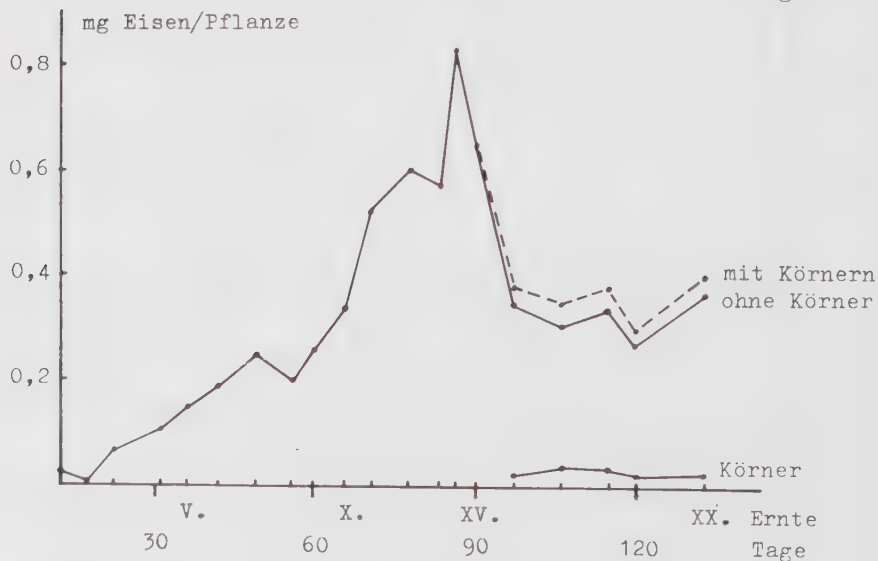
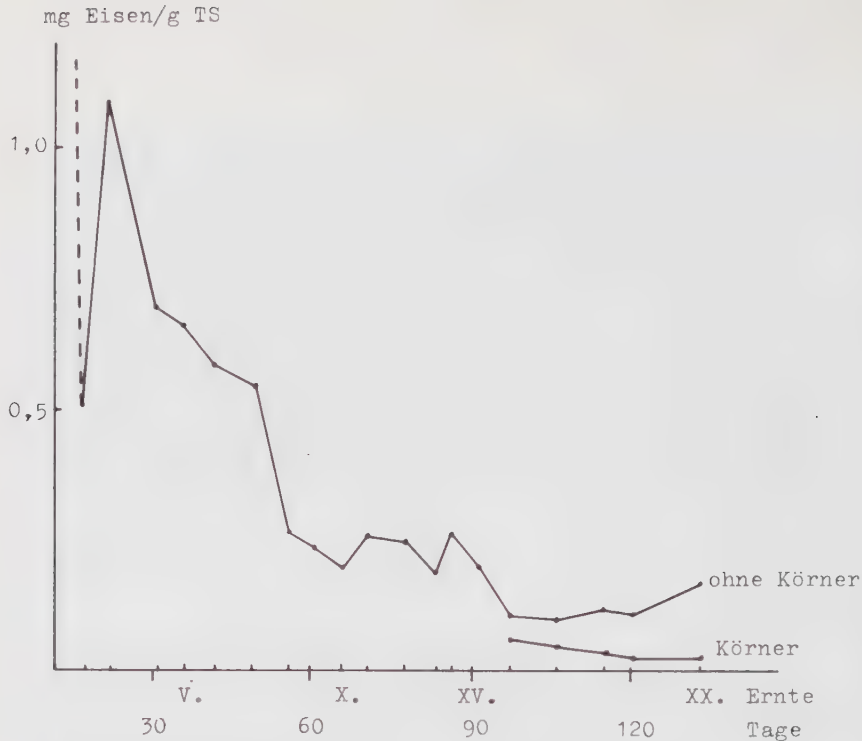


Abb.34 oben, Abb.35 unten, Eisengehalte in mg/g TS
und in mg/Pflanze

G Diskussion der Ergebnisse

Die Zuordnung zum System oder zum Produkt, wie sie bei den ermittelten Stoffgruppen möglich war, ist bei den einzelnen Elementen schwierig. Es ist bekannt, daß die Nährstoffaufnahme der Pflanzen von vielen äußeren Faktoren abhängig ist, so daß bei den Gehaltszahlen erhebliche Schwankungen auftreten. Auf Grund dieser Schwankungen ergeben sich bei den Zuwachsraten pro Tag und Pflanze Unregelmäßigkeiten, die keine befriedigende Aussage ermöglichen.

Die physiologische Bedeutung der einzelnen Elemente gibt bereits den Hinweis, daß alle ermittelten Nährstoffe sowohl dem lebenden System als auch den Produkten zugerechnet werden können. Deshalb kann man im Verlaufe der Vegetation bei den Zuwachsraten pro Tag zwei Maxima erwarten, eines zur Zeit des maximalen Systemzuwachses und ein zweites zur Zeit des maximalen Produktzuwachses

Zuwachs an Rohasche in mg/Tag/Pfl.

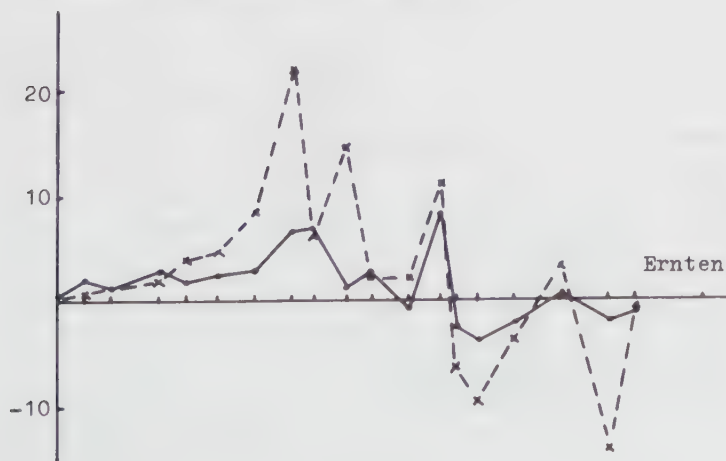
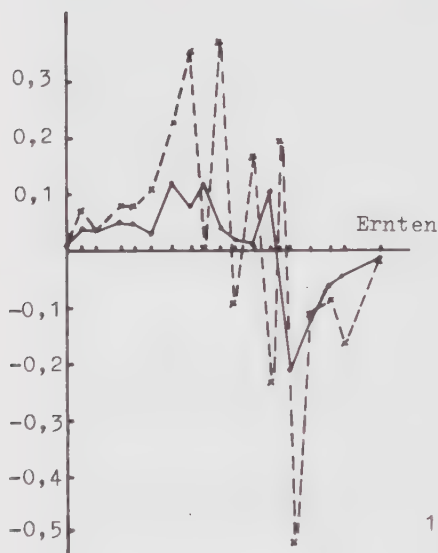
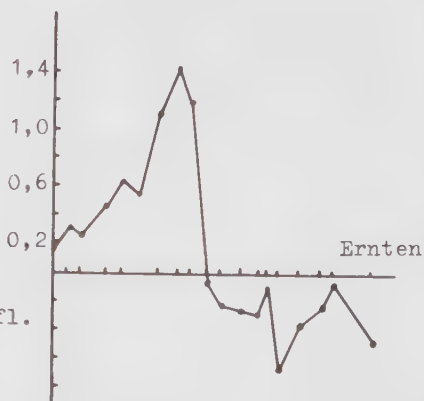


Abb. 38 Zuwachsraten an Rohasche in mg/Tag/Pflanze

Zuwachs an P in mg/Tag/Pfl.



Zuwachs an K in mg/Tag/Pfl.



Zuwachs an Na in mg/Tag/Pfl.

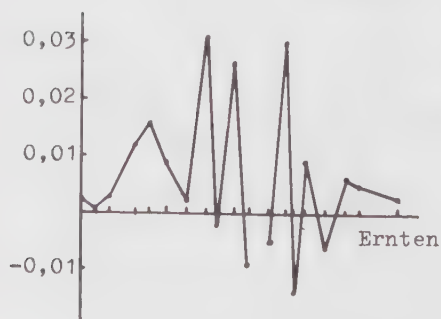


Abb.38 Zuwachsraten an Na, K und P in mg/Tag/Pflanze

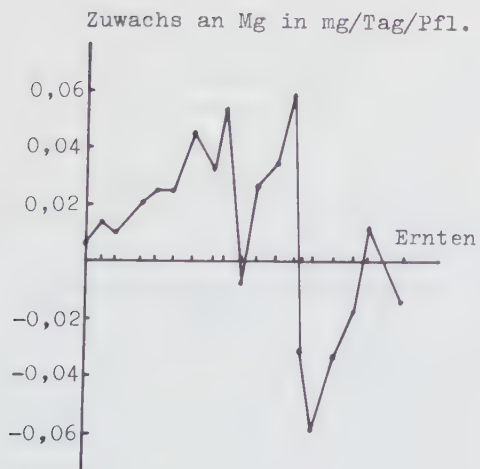
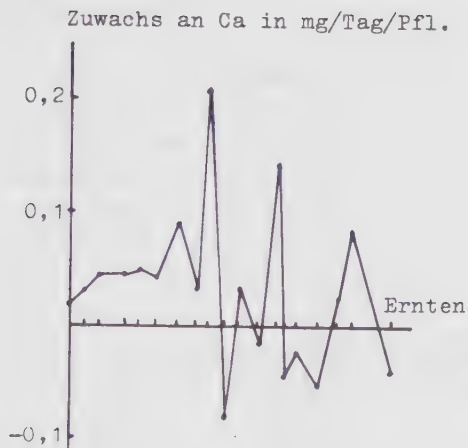


Abb.38 Zuwachsraten an Ca und Mg in mg/Tag/Pflanze

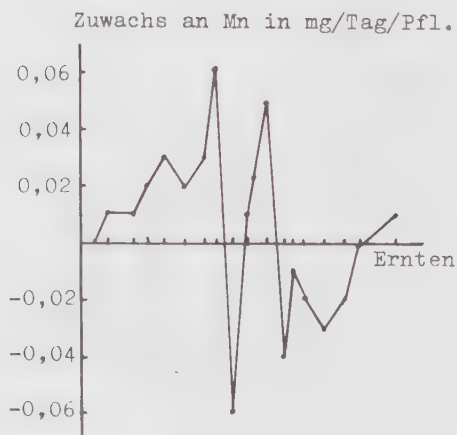
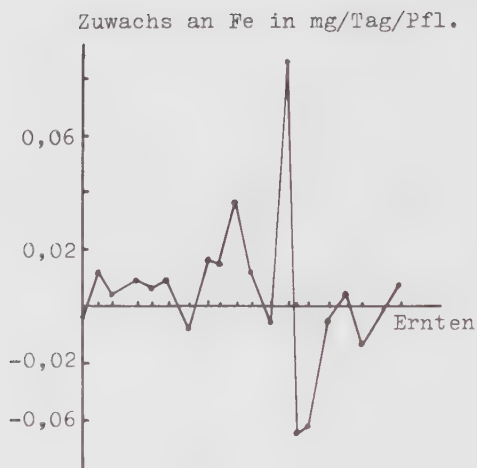


Abb.38 Zuwachsraten an Fe und Mn in mg/Tag/Pflanze

Die Ergebnisse zeigen, daß ein eindeutiger maximaler Zuwachs der Elemente nur zur Zeit des maximalen Systemzuwachses beobachtet werden kann. Im Bereich des maximalen Produktwachstums treten mehr oder weniger starke Schwankungen auf. Diese Tatsache ist weniger verwunderlich, wenn man bedenkt, daß das Systemwachstum geringeren Schwankungen unterliegt. Das lebende System ist der konstante Teil der Pflanze, der sich gleichmäßig durch identische Reduplikation vermehrt. Diese Konstanz wurde auch in den regelmäßigen Systemzuwachsraten sichtbar.

Die Produktbildung ist die variable Komponente, die größtenteils durch die Umwelt gesteuert wird. Licht- und Wasserverhältnisse, Ernährung, Boden, Sorte, usw. sind entscheidende Faktoren, die das Ausmaß bzw. die Richtung der Produktsynthese bestimmen. Da sich die Umwelteinflüsse im Verlaufe der Vegetation ständig ändern, können demzufolge keine gleichmäßigen Zuwachsraten an Produkt erwartet werden. Da die einzelnen Nährstoffgehalte aus der Multiplikation mit den jeweiligen Erträgen hervorgehen, vervielfältigen sich die bereits vorliegenden Unterschiede und Analysenfehler noch, so daß die Schwankungen im Bereich des Produktwachstums verständlich sind.

Bedenkt man, daß die Nährstoffaufnahme, wie bereits vorher erwähnt wurde, stark von der Umwelt beeinflusst wird, so könnten die Aussagen der Zuwachskurven bei den Nährstoffen leicht zu Fehlschlüssen führen.

Zu dieser Vermutung gab eine Arbeit von Sekera (1928) Anlaß, die sich mit der N-, P- und K-Aufnahme bei unterschiedlicher Ernährung der Pflanzen befaßt. Ein unausgewogenes Nährstoffverhältnis führte zu extremen Aufnahmewerten. Bei Kaliumüberschuß im Boden wurde von der Pflanze sehr viel Kalium aufgenommen. Da die K-Aufnahme den Bedarf der Pflanzen an Kalium überstieg,

konnten Kaliumausscheidungen nach der Blüte beobachtet werden. Diese Kaliumausscheidungen unterblieben, sowie der Kaliumüberschuß durch N- und P-Gaben ausgeglichen wurde. Mengennmäßig änderte sich die Kaliumaufnahme nicht. Da aber die Stoffwechselintensität durch den Stickstoff gesteigert wird, erhöht sich der Bedarf der Pflanzen an Kalium, so daß im Stoffwechsel größere Kaliummengen umgesetzt werden können. Die Phosphoraufnahme ist relativ unabhängig von der Zufuhr an Stickstoff.

Diese Befunde lassen darauf schließen, daß bei der Variante 1 ebenfalls ein unharmonisches Nährstoffangebot vorlag, da sich die Pflanzen dieser Variante unter Stickstoffknappheit entwickelten. Die Pflanzen nahmen große Kaliummengen in ihrer Jugendentwicklung auf, die der Stoffwechsel infolge des zu geringen N-Angebotes nicht verarbeiten konnte. Deshalb wurde wahrscheinlich das überschüssige Kalium nach der Blüte über die Wurzeln ausgeschieden.

Vielleicht kann Entsprechendes auch für die Verluste an Eisen und Mangan gelten.

Auch das typische K/Ca-Verhältnis, das Mengel (1961) feststellte, konnte nicht beobachtet werden. Kalium- und Calciumaufnahme laufen in der vorliegenden Arbeit bis zur Blüte völlig parallel. Mengel dagegen fand eine starke Kaliumaufnahme in der Jugend, während die Calciumaufnahme stetig ansteigt, die Kaliumaufnahme jedoch erst im Alter einholt und übertrifft. Mengel vermutet, daß die verstärkte Calciumaufnahme im Alter nicht auf einem echten Calciumbedarf beruht, sondern mehr auf passiver Aufnahme mit dem Transpirationsstrom. Kalium wird aktiv aufgenommen und verbraucht.

Diese zwei Beispiele sollten zeigen, daß unter anderen Umweltbedingungen der Verlauf der Nährstoffaufnahme

ein völlig anderer ist, so daß auch die Zuwachskurven zu anderen Aussagen führen. In der Arbeit von Mengel würde dem Calcium vorwiegend Produktfunktion zugesprochen werden, während die Calciumaufnahme in der vorliegenden Arbeit dem Calcium größtenteils Systemfunktion einräumt.

Trockenmassebildung und Nährstoffaufnahme

Die Trockensubstanz nimmt im Verlaufe der Vegetation bis zur Blüte kontinuierlich zu. Zieht man jedoch die Zuwachsraten pro Tag und Pflanze zu Rate, so ergeben sich zwei Maxima, das erste zur Zeit der Halmverdickung, d.h. zur Ausbildung der Ähre, das zweite während der Blüte, also dem Beginn der Kornausbildung. Das erste Maximum repräsentiert demnach die maximale Trockensubstanzbildung während des vegetativen Wachstums, das zweite die zur Zeit der generativen Wachstumsphase. Beide Maxima gehen parallel mit solchen der Gehaltskurven, Abb.39. Zu diesen Wachstumsphasen erfolgt demnach eine verstärkte Nährstoffaufnahme, die den der Intensität der Stoffproduktion erforderlichen Nährstoffbedarf deckt. Entsprechend diesem Nährstoffbedarf forderten Linser und Primost (1953), Linser (1954/55) und Kopetz (1951) die Dreistadiendüngung, die eine N-Gabe zur Bestockung, zum Schossen und zum Ährenschieben vorsieht. Gefäß- und Feldversuche bestätigten den Erfolg dieser Düngungsform. Damit gelang es, sowohl die Höhe des Ertrages als auch die Qualität des Ertragsgutes zu beeinflussen.

Der Erfolg dieser Dreistadiendüngung kann unter den Gesichtspunkten von System und Produkt einfach erklärt werden. Stellt man den Zuwachsraten der Trockenmasse die von System und Produkt gegenüber, so zeigt sich, daß der maximale Zuwachs an System vor dem eigentlichen Trockensubstanzzanstieg erfolgt. Die maximale Trok-

kenmassebildung ist identisch mit dem maximalen Produktzuwachs. Die Dreistadiendüngung trägt der Forderung nach dem maximalen Aufbau einer Systemkapazität Rechnung, da die erste Düngergabe zum Zeitpunkt der Bestockung die Systemsynthese fördert. Die zweite Gabe während des Schossens bietet der Pflanze einen Nährstoffstoß zur Zeit des linearen Produktanstieges und die dritte Gabe, zur Zeit des Ährenschiebens, bietet der Pflanze optimale Voraussetzungen für die erneut einsetzende Systemsynthese im Korn.

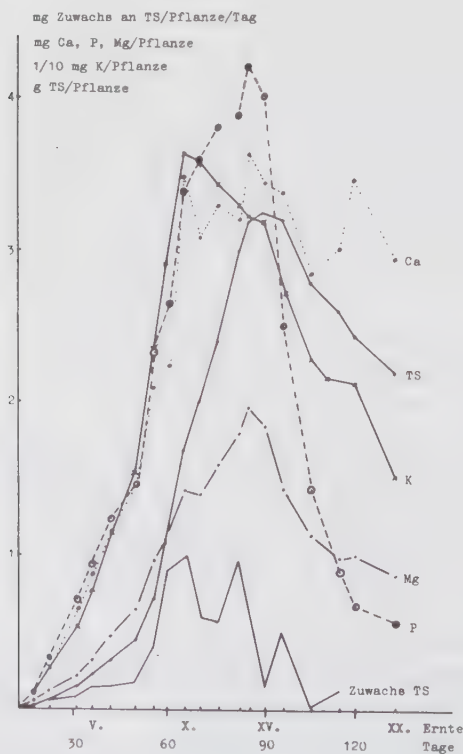


Abb. 39 Nährstoffaufnahme und Trockenmassebildung

H Die Ermittlung der Phosphor-Fractionen im Verlaufe der Vegetation

Aus den einleitenden Worten über die physiologische Bedeutung des Phosphors in der Pflanze geht hervor, daß der Phosphor in der Pflanze mannigfache Aufgaben zu erfüllen hat. Er ist zum einen Bestandteil des lebenden Systems, zum anderen Baustein einiger Produkte. Die Angaben über den Gesamtphosphorgehalt können demnach keine Aussage über die unterschiedliche Zugehörigkeit machen. Deshalb wurde eine Fraktionierung, die den Gesamtphosphor in Phosphatid-P, anorganisches P und Nukleinsäure-P auftrennt, für notwendig angesehen.

Das Problem der Phosphorfraktionierung wurde, wie Schmalfuß (1940) in einem kleinen Überblick zeigt, bereits 1885 von Amthor zum erstenmal an Weinkernen in Angriff genommen. Im Laufe der Zeit haben viele Wissenschaftler versucht, die Methodik der Auftrennung zu verbessern. Aus der Literatur geht jedoch hervor, daß bis heute keine verlässliche Methode gefunden werden konnte. Gute Versuchsergebnisse bietet die Auftrennungsmethode nach Wenzel (1956), die jedoch für große Serienuntersuchungen zu aufwendig und zu zeitraubend ist.

In dieser Arbeit wurde auf die Fraktionierung nach Michael (1939) zurückgegriffen.

Das eingehende Studium der Literatur ergab, daß auch diese Methode keine befriedigende Trennung liefert. Schmalfuß (1940) zeigte, daß durch die Extraktion mit Essigsäure nicht alle anorganischen Bestandteile aus dem Restphosphor herausgelöst werden, daß aber der Salzsäureauszug bereits Bestandteile der Nukleinsäure-P-Fraktion mit in Lösung bringt. Er benutzte zur Extraktion Diammoniumzitrat. Wenzel (1956) und auch Kormies (1960) weisen außerdem darauf hin, daß die

Extraktion des Phosphatid-Phosphors in der Hitze zu höheren P-Werten führt, da bereits einige anorganische Bestandteile in Lösung gehen. Beide Autoren extrahieren deshalb bei Zimmertemperatur. Russische Forscher, Vellegdt und Tisčenko (1968), wiesen ferner nach, daß die Gefriertrocknung die einzige Extraktionsmöglichkeit darstellt, die keine Veränderungen der einzelnen P-Anteile hervorruft. Eine Trocknung führt stets zu einer Senkung des organischen Phosphors, besonders des Nukleinsäure-Phosphors.

Berücksichtigt man alle diese Aspekte, so dürfen die Ergebnisse der P-Fraktionierung nur unter Vorbehalt angesehen werden.

Die Analysen wurden nach der Vorschrift im Methodenbuch des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Bd. IV, nach Michael durchgeführt. Da hiernach die Extraktion mit Salzsäure größtenteils den Nukleoproteid-P erfaßt, wurde sie nicht durchgeführt. Es ist daher möglich, daß der Anteil an Nukleinsäure-P etwas zu hoch ist.

Die Ergebnisse der Phosphor-Fraktionierung enthalten die Tabellen 15, 15a und 15b sowie die Abbildungen 40, 41 und 42. Daraus geht eindeutig hervor, daß der größte Teil des Gesamtphosphors aus anorganischem Phosphor besteht. Diese Aussage wird durch Arbeiten von Wenzel (1956) und Kasanaka^{ja} (1961), der Versuche an Weizenblättern durchführte, bestätigt. Die nächst größere Fraktion stellt die des Nukleinsäure-Phosphors dar, der im Verlaufe der Vegetation abnimmt. Ein Absinken der Nukleinsäuren im Verlaufe der Entwicklung von Erbsenblättern konnte auch von Smillie und Krotokow (1961) festgestellt werden. Wenzel (1956) fand bei Lupine und Hafer ebenfalls eine Abnahme.

Ähnlich den Nukleinsäuren verläuft auch die Fraktion

des Phosphatid-Phosphors, deren Abnahme ebenfalls von Wenzel bestätigt wird. Auch Pfützer und Roth (1942) schließen trotz erheblicher Schwankungen auf eine Abnahme des Phosphatidgehaltes mit zunehmendem Alter. Besonders auffallend ist der steile Abfall des Phosphatid-P-Gehaltes nach der VIII. Ernte. Ein Vergleich dieser Konzentration mit der der übrigen Nährstoffe zeigt, daß auch diese ab der VIII. Ernte vermehrt abnehmen. Ursache dieser Konzentrationsverminderung ist die verstärkt einsetzende Produktsynthese - Beginn des linearen Anstieges der Produkte -, die eine Trockenmassevermehrung zur Folge hat. Diese wiederum wirkt verdünnend auf die Nährstoffe bzw. die Phosphatide, da die Nährstoffaufnahme bzw. die Phosphatidsynthese mit der Trockenmassebildung nicht mehr Schritt halten kann.

Die in den Körnern gefundenen P-Fractionen decken sich nicht ganz mit den von Schmalfuß (1940) in reifenden Maiskörnern angegebenen Werten. Die essigsäurelösliche Fraktion sinkt im Verlaufe der Reife stark ab, relativ wenig vermindert sich der Phosphatid-P-Gehalt. Schmalfuß fand eine Abnahme des Phosphatid-P-Gehaltes auf $1/5$, im vorliegenden Versuch konnte nur eine Reduzierung auf etwa $1/3$ bis auf $1/2$ ermittelt werden. Rewald und Riede (1933) stellten in Sojabohnen sogar konstante Phosphatidwerte im Verlaufe der Samenreife fest. Der Nukleinsäure-P-Gehalt bleibt während des Reifeprozesses annähernd konstant, ähnlich bei Schmalfuß.

Drückt man die gefundenen P-Gehalte der einzelnen Fractionen in Prozent des Gesamtphosphorgehaltes aus, Tab.16, Abb.43, so werden die unterschiedlichen Befunde noch deutlicher. Im Gegensatz zu Schmalfuß sinkt der Phosphatidgehalt im Reifeprozess zunächst leicht ab und steigt dann wieder an, der Nukleinsäuregehalt steigt

erst an und fällt dann ab. Die Fraktion des anorganischen Phosphors nimmt ständig ab.

Diese Abweichungen sind sehr wahrscheinlich artspezifisch, gewisse analytische Fehler können allerdings nicht ausgeschlossen werden.

Berechnet man die absoluten Gehalte der P-Fraktionen pro Pflanze, Tab.17, 17a, 17b, so zeigt die Graphik, Abb.44, 45, 46, drei Optimumskurven, deren Optima zeitlich verschoben sind. Die Fraktion des anorganischen Phosphors steigt bis zur XIV. Ernte bei Var.1 und Var.2 bzw. XIII. Ernte bei Var.3 an und fällt dann steil bis auf Spuren ab, da ein großer Anteil in das Korn verlagert wird. Die Optima der Nukleinsäurefraktion sind zur XII. Ernte erreicht, kennzeichnend ist der steile Anstieg zur VIII. Ernte. Die erneute Zunahme des Nukleinsäure-P-Gehaltes zur XIV. Ernte ist wahrscheinlich auf die Neubildung der Nukleinsäuren in den reifenden aber noch nicht abgetrennten Körnern zurückzuführen. Charakteristikum des Phosphatid-P-Gehaltes ist der steile Abfall nach der VIII. Ernte und der erneute Anstieg auf etwa das gleiche Niveau. Alle Fraktionen zeigen in den Körnern eine zunehmende Tendenz.

mg Phosphor/g TS

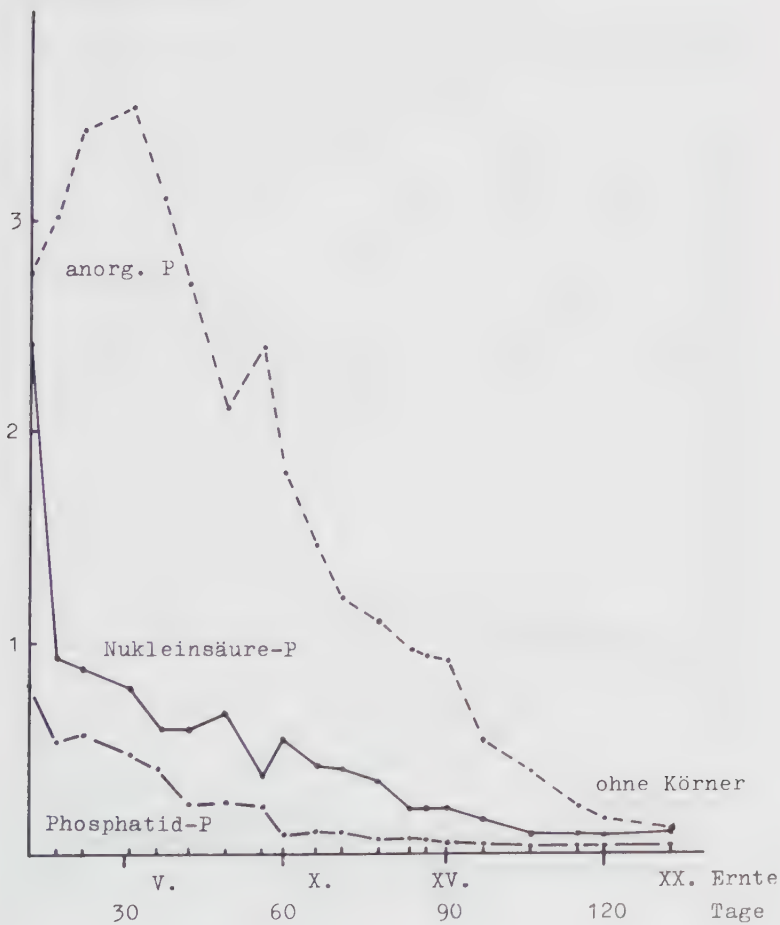


Abb.40 Phosphor-Fraktionen der Variante 1

mg Phosphor/g TS



Abb.41 Phosphor-Fractionen der Variante 2

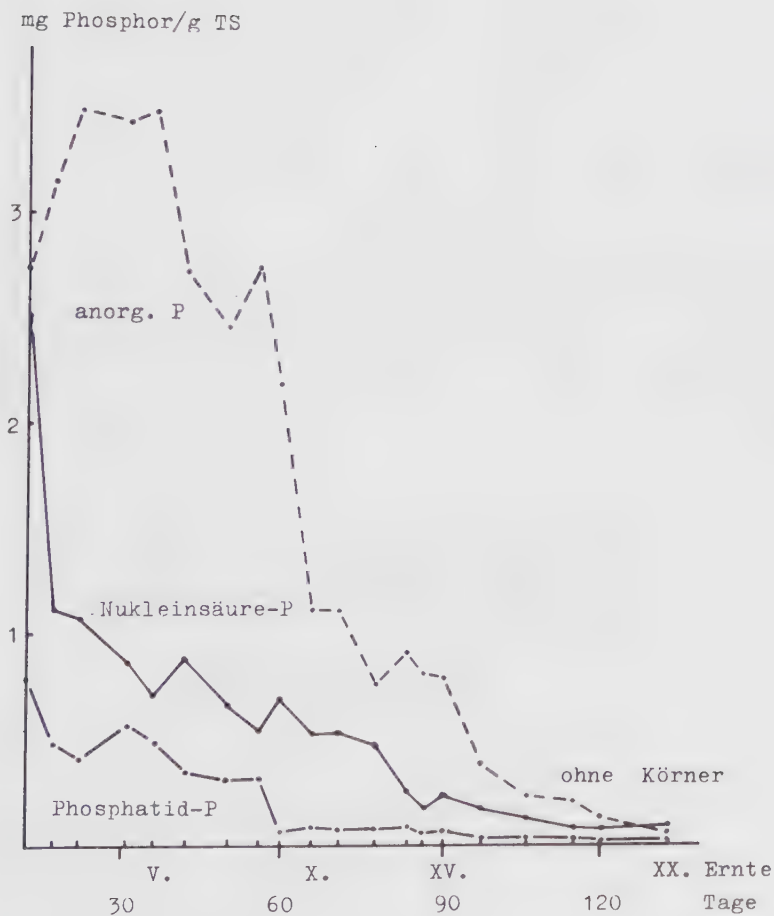
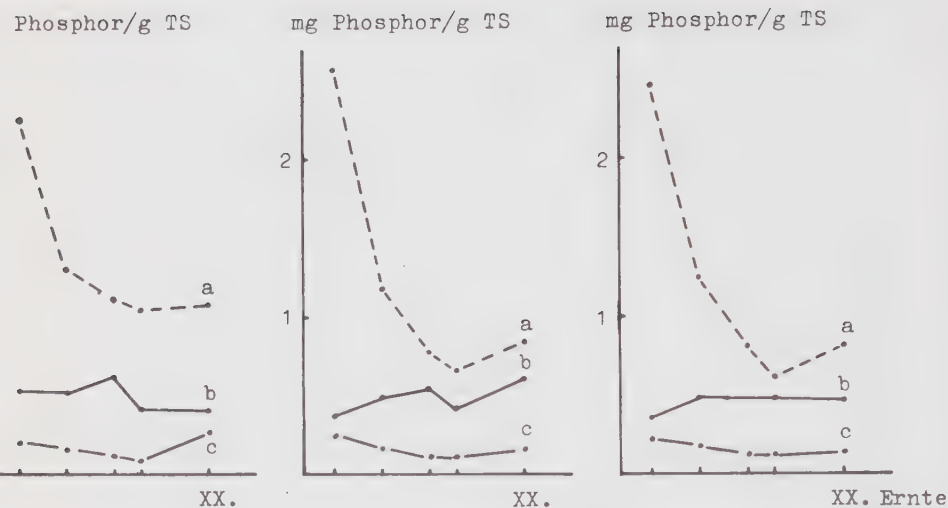


Abb. 42 Phosphor-Fractionen der Variante 3



Phosphor-Fractionen in den Körnern der drei Varianten

- a anorganischer Phosphor
- b Nukleinsäure-Phosphor
- c Phosphatid-Phosphor

in % des Gesamt-P

P in % des Gesamt-P

P in % des Gesamt-P

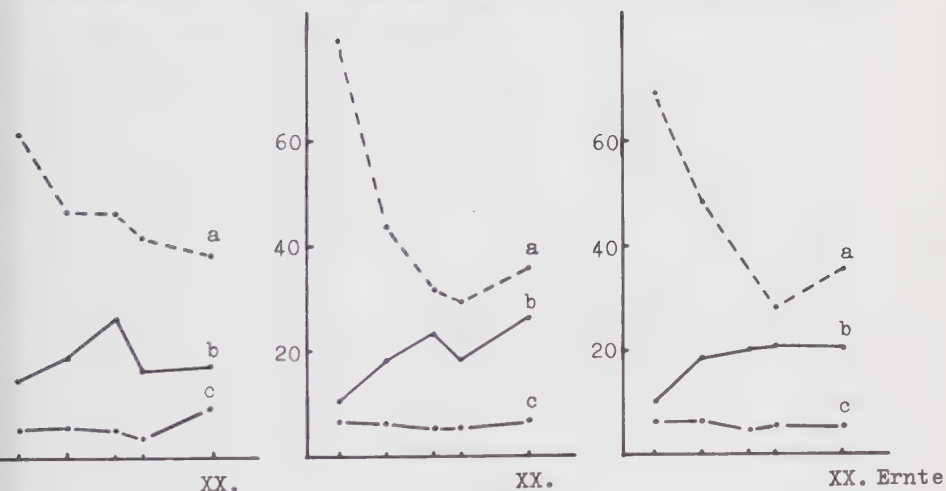


Abb.43 Phosphor-Fractionen in den Körnern der drei Varianten in % des Gesamt-Phosphors

- a anorganischer Phosphor
- b Nukleinsäure-Phosphor
- c Phosphatid-Phosphor

mg Phosphor/Pflanze

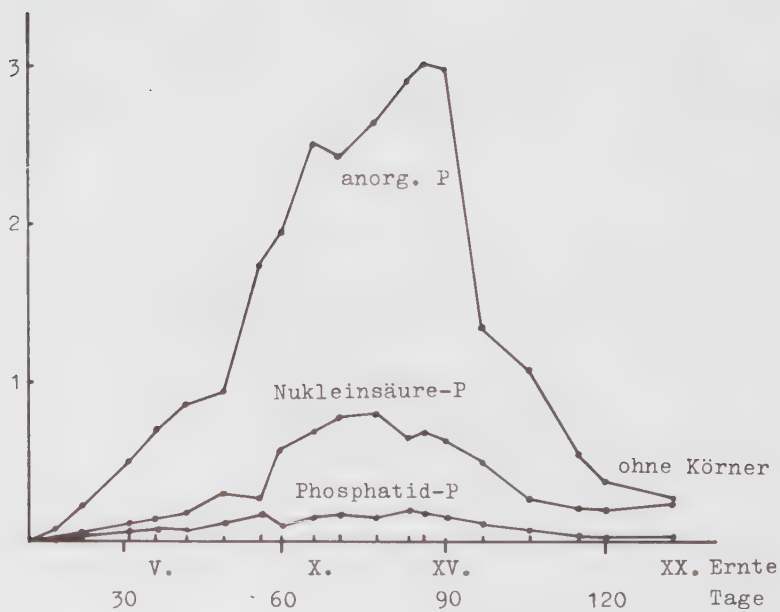


Abb.44 Phosphor-Fractionen der Variante 1

mg Phosphor/Pflanze

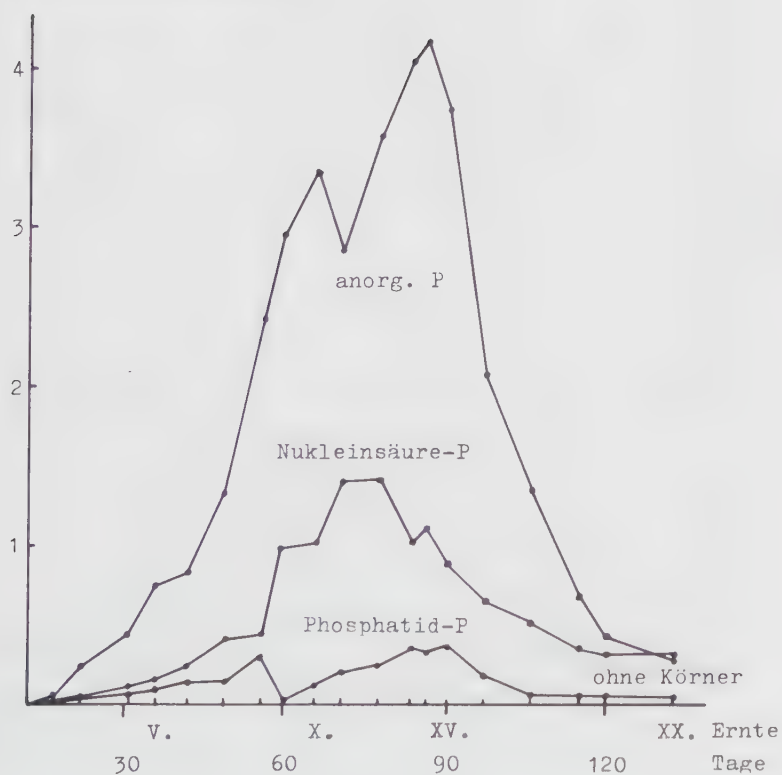


Abb.45 Phosphor-Fractionen der Variante 2

mg Phosphor/Pflanze

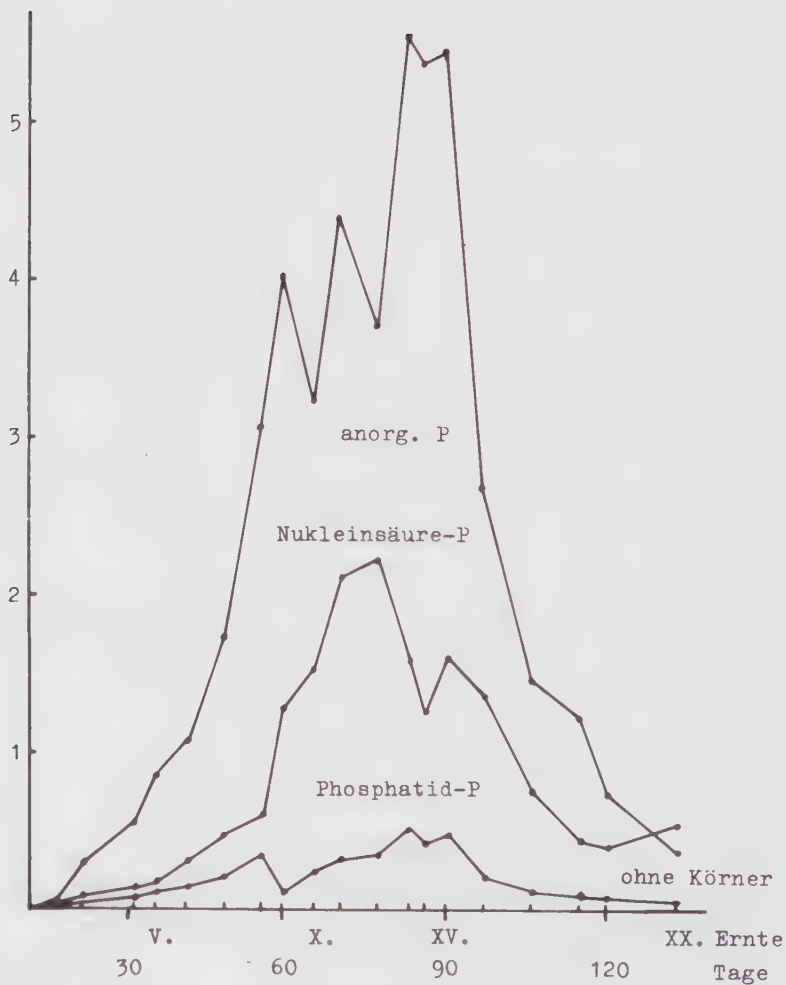
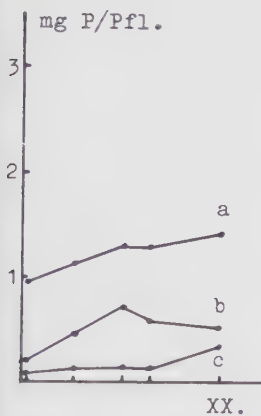
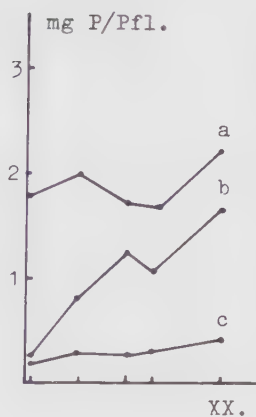


Abb.46 Phosphor-Fractionen der Variante 3

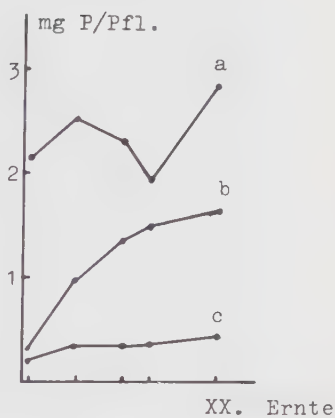
Variante 1



Variante 2



Variante 3



Phosphor-Fractionen in den Körnern der drei Varianten

- a anorganischer Phosphor
- b Nukleinsäure-Phosphor
- c Phosphatid-Phosphor

I Diskussion der Ergebnisse

1. Die Nukleinsäure-P-Fraktion

Aus den ermittelten Phosphorgehalten kann der Nukleinsäuregehalt der Pflanzen errechnet werden, da Nukleinsäuren etwa 8% Phosphor enthalten. Die Gehalte an Nukleinsäuren, Tab.18, 19, Abb.47, 48, stimmen größenordnungsmäßig mit den Werten von Neumann (1965) aus direkten DNS- und RNS-Bestimmungen überein. Er fand in alten ausdifferenzierten Geweben in % der Frischsubstanz 0,012% Nukleinsäuren, in entdifferenzierten jungen Geweben dagegen 0,180 bzw. 0,217%, deren Nukleinsäuregehalt im erneuten Alterungsprozeß (Wachstum ohne Kinetin) wieder auf 0,096 bzw. 0,122% absank. Fries (1952) gibt den Nukleinsäuregehalt der Blätter zwischen 0,12 und 0,78 mg/g TS an.

Da die Bestimmung der Nukleinsäuren selbst im Pflanzenmaterial sehr aufwendig und schwierig ist, in alten Pflanzenteilen ist sie praktisch gar nicht zu realisieren, bietet die P-Fraktionierung, sei sie noch so ungenau, doch einen guten Anhaltspunkt für die Entwicklung des Nukleinsäuregehaltes der Pflanzen während ihres Wachstums.

Die Nukleinsäuren, DNS und RNS, sind Träger der genetischen Information, d.h. sie verkörpern den informationstragenden Teil des lebenden Systems. Diese Tatsache läßt darauf schließen, daß der maximale Zuwachs an Nukleinsäuren identisch mit dem maximalen Zuwachs des lebenden Systems sein müßte. Die Zuwachskurven der Abbildung 49 lassen ein deutliches Maximum zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung erkennen. Das zweite Maximum zur XIII. bzw. XIV. Ernte gibt nicht Zeugnis für ihre Produktzugehörigkeit, sondern es wird durch die Nukleinsäuregehalte der sich ausbildenden aber noch nicht abgetrennten Frucht hervorgerufen.

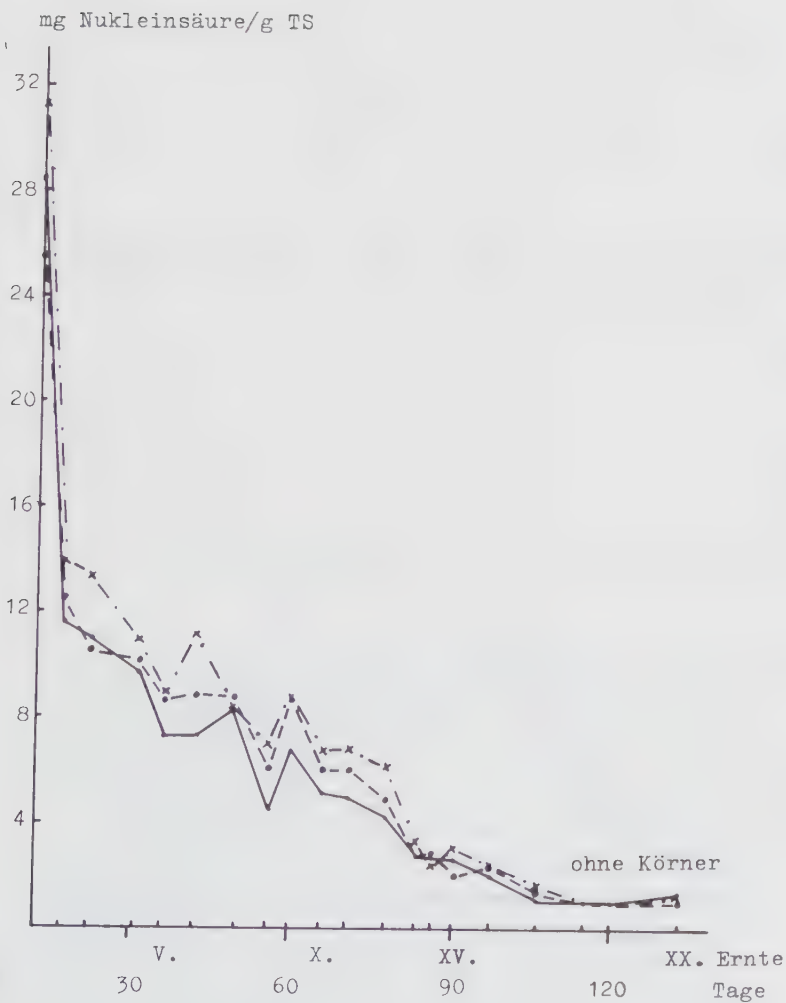


Abb.47 Nukleinsäuregehalte in mg/g Trockenmasse

mg Nukleinsäure/Pflanze

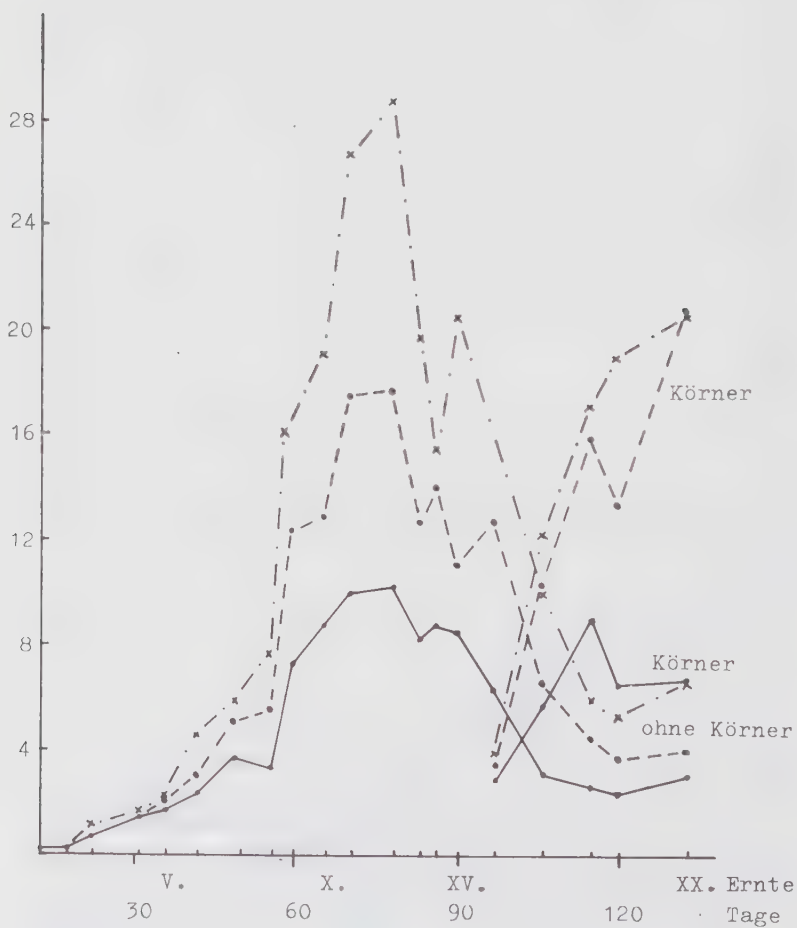


Abb.48 Nukleinsäuregehalte in mg/Pflanze

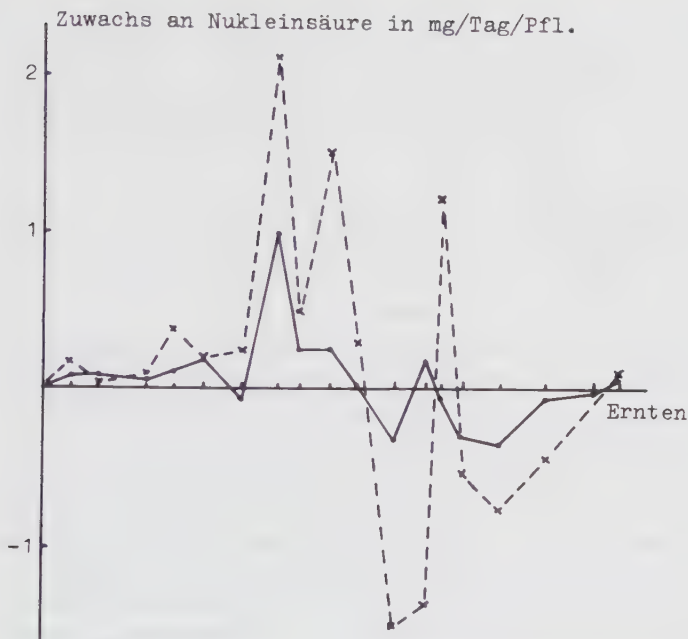


Abb.49 Zuwachsraten an Nukleinsäuren in mg/Tag/Pflanze

Die variierte N-Versorgung der Pflanzen spiegelt sich in ihren Nukleinsäuregehalten wider. Sowohl die Konzentration als auch die absoluten Gehalte an Nukleinsäuren wurden durch die steigende Stickstoffdüngung erhöht.

Der maximale Zuwachs an Nukleinsäuren ist bei Var.1 und Var.3 zwischen der VIII. und IX.Ernte, dem 58. Wachstumstage, erreicht. Die Bildung der Nukleinsäuren ist bei beiden Varianten zwischen Ernte XI und XII, dem 74. Tage nach der Saat, abgeschlossen.

Bei der höheren Stickstoffstufe erfolgt zwischen der X. und XI. Ernte ein zweiter starker Zuwachs an

Nukleinsäuren, so daß auf einen besseren Ausbau des Systems im Vergleich zu Var.1 geschlossen werden kann. Auch die Zuwachsraten sagen aus, daß durch mehr Stickstoff die Systemmenge, damit die Systemkapazität und damit die Produktionsleistung des Systems erhöht wird.

2. Die Phosphatid-Fraktion

Der steile Abfall der Phosphatid-P-Konzentration nach der VIII. Ernte konnte durch die starke Trockenmassebildung erklärt werden.

Im Gegensatz zu den übrigen Nährstoffen tritt dieser Abfall auch bei den absoluten Gehalten pro Pflanze auf, so daß die Abnahme nicht nur auf dem Verdünnungseffekt, sondern auf der gleichzeitig verminderten Phosphatidsynthese basieren müßte. Da aber die Rohfettgehalte, die ja die Phosphatide beinhalten, gerade zwischen der VIII. und IX. Ernte maximal zuwachsen, ist eine Verminderung der Phosphatidsynthese unwahrscheinlich. Es liegt daher nahe, die Ursachen dieses Abfalls in dem Analysenverfahren zu suchen. Dagegen spricht allerdings die Tatsache, daß der Abfall bei allen drei Varianten auftritt, die zu verschiedenen Zeitpunkten untersucht wurden.

Folgende Deutungsmöglichkeit bietet sich an. Die Phosphatide wurden ausschließlich durch Phosphorbestimmungen der alkohol- und chloroformlöslichen Pflanzenbestandteile ermittelt. Es ist bekannt, daß die Phosphatide sehr oft in enger Bindung mit den Eiweißen oder Kohlenhydraten vorliegen, so daß eine Extraktion nur zum Teil erfolgreich ist (Butt und Beevers 1966). Da die einzelnen Bindungsformen der Phosphatide mit Sicherheit im Verlaufe der Entwicklung der Pflanzen wechseln, könnte sich hier ein Anhaltspunkt für die mengenmäßig unterschiedliche Erfassung ergeben. Es würde so eine Verminderung der Syntheseleistung für

Phosphatide vorgetäuscht.

Legt man diese Erklärung zu Grunde, so könnte man zumindest bei der Var.1 von einem nahezu konstanten Phosphatid-P-Gehalt im Bereich der VIII. bis XII. Ernte sprechen. Demzufolge würde die Pflanze ihren Phosphatidbestand bis zur VIII. Ernte vermehren, ihn dann konstant erhalten und nach der XII. Ernte vermindern. Diese Entwicklung würde der des lebenden Systems gleichen, so daß auf diese Art und Weise die Systemzugehörigkeit der Phosphatide sichtbar würde.

Die Phosphatid-P-Werte der 2. und 3. Variante lassen dieses Plateau nicht so deutlich erkennen. Zieht man jedoch zum Vergleich die Entwicklung der Reinproteingehalte pro Pflanze (Lach 1969) zu Rate, so treten bei beiden Varianten ähnliche Schwankungen auf.

Zur Ermittlung der Zuwachsraten mußte eine Umrechnung der Phosphatid-P-Gehalte in Phosphatide vorgenommen werden. Phosphatide sind chemisch gesehen keine einheitliche Stoffgruppe. Da in der Pflanze die Lecithine überwiegen, wurde zur Vereinfachung der Rechnung der Phosphatidgehalt gleich dem Lecithingehalt gesetzt. Nimmt man an, daß im Lecithinmolekül eine Veresterung des Glycerins mit Öl- und Stearinsäure vorliegt, so ergibt sich ein P-Gehalt des Lecithins von 4,1%.

Die Zuwachskurven an Lecithin der Var.1 und 3 sind der Abbildung 49 zu entnehmen. Da die Aussagen dieser Kurven bereits zur Charakterisierung der Rohfettfraktion herangezogen wurden, soll hier auf eine weitere Erklärung verzichtet werden.

Zuwachs an Lecithin in mg/Tag/Pfl.

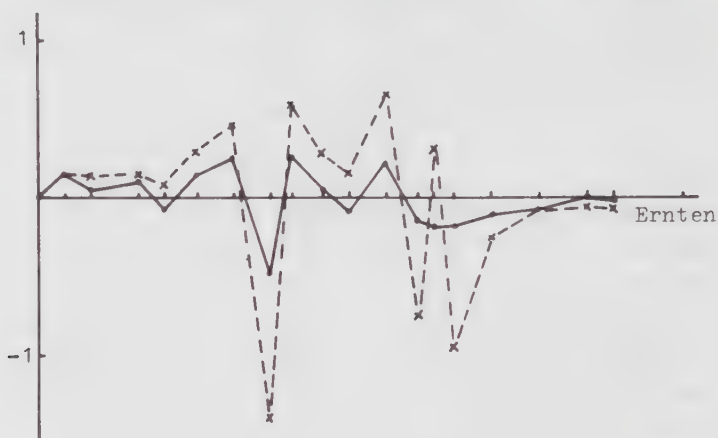


Abb.50 Zuwachsraten an Lecithin in mg/Tag/Pflanze

Der Einfluß der N-Düngung auf den Phosphatid-Gehalt

Phosphatide enthalten in ihrem Molekülbau sowohl Stickstoff als auch Phosphor. Es ist daher anzunehmen, daß ein verändertes Angebot beider Nährstoffe, den Phosphatidgehalt zu beeinflussen vermag. Der Einfluß des Phosphors wurde schon mehrfach untersucht, Wenzel (1956), Pfützer, Pfaff und Roth (1953), Pfützer und Roth (1942), Schmalfuß (1940, 1951) sowie Michael (1939).

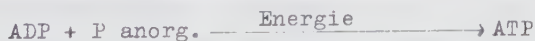
In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirkung steigender N-Gaben geprüft. Der Vergleich des gewonnenen Zahlenmaterials zeigt eine positive Beeinflussung des Phosphatidgehaltes durch den Stickstoff. Es konnten Steigerungen bis zu 33% registriert werden. Ausnahmen bilden die Ernten II und III. Diese könnten zum einen auf fehlerhafter Bestimmung beruhen, da nur sehr wenig

Untersuchungsmaterial zur Verfügung stand, zum anderen könnte die Verschiebung mit den Auswaschungsverlusten in Verbindung gebracht werden. Die Abweichungen der Ernten IX, X und X sollen nicht berücksichtigt werden, da diese allein schon durch Auf- oder Abrunden der Zahlenwerte zu Stande kommen können.

Den positiven Einfluß des Stickstoffs bestätigen Arbeiten von Pfützer und Roth (1942) sowie Pfützer, Pfaff und Roth (1953) an Spinat. Dabei stießen die Autoren auf ein interessantes Ergebnis. Bei sehr nährstoffarmen Böden reichern die Pflanzen Nährstoffe an, in diesem Falle Stickstoff, so daß sie hohe Gehalte an Phosphatiden enthielten, die denen mit guter N-Versorgung entsprachen. Sie stellten fest, daß die N-Gaben, die den höchsten Ertragszuwachs erzeugen, durch niedrige Nährstoff- und Phosphatidkonzentrationen gekennzeichnet sind. Erst wenn die Ertragsleistung durch steigendes N-Angebot wieder abnimmt, erhöhen sich die Nährstoff- und Phosphatidgehalte, so daß stets eine Angleichung von Ertrag und Qualität stattfindet.

3. Die Fraktion des anorganischen Phosphats und Phytins

Diese Fraktion enthält den größten Anteil des gesamten Phosphors, da der Pflanze stets anorganisches Phosphat für die Phosphorylierungsprozesse bereitstehen muß. Die Pflanze vermag z.B. aus



zu bilden, das als Energieüberträger für alle energieverbrauchenden Stoffwechselreaktionen fungiert.

Überprüft man die Fraktion des anorganischen Phosphors auf System- bzw. Produktzugehörigkeit, so geben die Zuwachskurven keine klare Auskunft, was bei diesem Analysengang auch gar nicht erwartet werden kann. Der starke Abfall zur XV. Ernte deutet die Verlagerung die-

ses P-Anteils in das Korn an. Im Korn wird nach Schmalfuß (1951) das anorganische Phosphat im Verlaufe der Reife in Phytin, das einen Phosphorspeicher darstellt, umgewandelt.

Der Einfluß der gesteigerten N-Versorgung ist nur bis zur VI. Ernte ein positiver, danach liegen die Gehalte bei den geringeren N-Gaben über denen der höheren. Die Gehalte im Korn sind bei Var.1 ebenfalls höher.

J Zusammenfassung

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit wurden die organischen Inhaltsstoffe Rohfett, Rohfaser und gesamt-hydrolysierbare Kohlenhydrate im Verlaufe einer Vegetationsperiode von Sommerweizen bestimmt.

Die Konzentration der Rohfette nimmt im Verlaufe der Entwicklung der Pflanzen ab, während die der Rohfaser und der gesamthydrolysierbaren Kohlenhydrate kontinuierlich ansteigt.

Die Diskussion der Versuchsergebnisse ergab eine klare Zuordnung der Rohfaser und der Kohlenhydrate zu den Produkten der Pflanze, die sich aus den Zuwachsraten pro Tag und Pflanze ergab. Die Rohfette gehören teils dem System, teils den Produkten an. Unter lebendem System faßt man nach Linser (1967) alle die Strukturteile der Zelle zusammen, die zur Reduplikation und zur Durchführung des Stoffwechsels befähigt sind. Im Gegensatz dazu bestehen die Produkte der Zelle aus nicht lebentragenden Strukturen wie Reservestoffe, Zelleinschlüsse, Zellwandbestandteile, usw.

System und Produkt liegen in der Zelle, und damit auch in dem vielzelligen Organismus der höheren Pflanze, in einer bestimmten Relation vor, die sich im Verlaufe der Entwicklung ständig ändert.

Gesteigerte Stickstoffgaben vermehrten die absolute

Systemmenge, da sie einerseits die Bildungsgeschwindigkeit für System erhöhten, andererseits die für Produkte verminderten. Außerdem wurde zusätzlich der Zeitraum der Systembildungsphase verlängert. Alle drei Befunde sprechen für einen Ausbau der Systemkapazität, die sekundär zu größeren Syntheseleistungen für Produkte führte, was die höheren Erträge bestätigen.

Entsprechende Aussagen konnten für den Produktbestandteil Rohfaser gefunden werden. Höhere Stickstoffgaben verzögerten den Beginn der Rohfaser-synthese und verschoben den Zeitpunkt des linearen Anstiegs des Rohfasergehaltes. Die höheren Rohfasergehalte bei der besseren N-Versorgung können die Folge der größeren Leistungsfähigkeit des lebenden Systems sein.

Die gesteigerte Stickstoffdüngung beeinflusste den Gehalt an gesamthydrolysierbaren Kohlenhydraten negativ, d.h. höhere N-Gaben führten zu niedrigeren Kohlenhydratgehalten, so daß wie vermutet das Verhältnis der N-haltigen : N-freien Inhaltsstoffe zu Gunsten der ersteren verschoben wurde, da durch vermehrt ablaufende Aminierungs- und Transaminierungsvorgänge die Abbau-produkte des Kohlenhydratstoffwechsels verbraucht werden.

Ein negativer Einfluß des Stickstoffs auf den Rohfaser-gehalt konnte nur bis zur VIII. Ernte beobachtet werden, danach nahm er mit steigenden N-Gaben zu.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden die anorganischen Bestandteile der Pflanzenasche ermittelt. Rohasche, K, Na, Ca, Mg, P, Fe und Mn nehmen mit zunehmendem Alter der Pflanzen ab.

Eine Zuordnung der einzelnen Nährstoffe zum System oder zum Produkt brachte auf Grund der Schwankungen kein befriedigendes Ergebnis. Alle mineralischen Nährstoffe gehören teils dem System, teils den Produkten an.

Da der Phosphor als Bestandteil der Phosphatide, der Nukleinsäuren und des Phytins in der Pflanze verschiedene Funktionen zu erfüllen hat, über die der Gesamtphosphorgehalt keine Aussagen machen kann, erschien es sinnvoll, eine Fraktionierung durchzuführen.

Den größten Anteil am Gesamtphosphor hat der anorganische Phosphor, der der Pflanze zur Bildung von ATP zur Verfügung stehen muß. Phosphatid- und Nukleinsäure-P-Gehalt nehmen im Verlaufe der Vegetation ab. Sieht man von einzelnen Unregelmäßigkeiten ab, die wahrscheinlich zum Teil in dem Analysengang begründet sind, so lassen sich die Nukleinsäuren und die Phosphatide dem lebenden System zuordnen. Gesteigerte Stickstoffgaben erhöhten sowohl den Nukleinsäure- als auch den Phosphatidgehalt.

Die vorliegende Arbeit läßt sich in folgenden Punkten kurz zusammenfassen:

1. Das Wachstum der Pflanzen besteht aus System- und Produktwachstum.
2. Ihre maximalen Bildungsphasen sind zeitlich verschieden, so daß sich daraus eine Möglichkeit der Zuordnung einzelner Stoffgruppen zum System oder zum Produkt ergibt.
3. Gesteigerte Stickstoffgaben verlängerten die Systembildungsphase und verzögerten die Produktansammlung.
4. Die Rohfaser ist ein typischer Produktbestandteil.
5. Der Rohfasergehalt/g TS nimmt im Verlaufe der Vegetation zu.
6. Mit gesteigerten N-Gaben verzögert sich der Beginn der Rohfaserbildung.
7. Das Rohfett gehört teils dem System, teils den Produkten an.
8. Der Rohfettgehalt/g TS nimmt im Verlaufe der Vegetation ab.
9. Die gesamthydrolysierbaren Kohlenhydrate sind

typische Produkte.

10. Sie nehmen im Verlaufe der Vegetation zu.
11. Alle mineralischen Nährstoffe haben sowohl System- als auch Produktfunktion.
12. Der Gesamtaschegehalt/g TS sowie der Gehalt der Elemente K, Na, Ca, Mg, P, Fe und Mn nimmt im Verlaufe der Vegetation ab.
13. Der Gesamtphosphor wurde in die Fraktionen des anorganischen Phosphats und Phytin, der Phosphatide und der Nukleinsäuren und Nukleoproteide aufgegliedert.
14. Das anorganische Phosphat hat den größten Anteil am gesamten Phosphor.
15. Gesteigerte N-Gaben beeinflussen den Gehalt an anorganischem Phosphat bis zur VI. Ernte positiv, dann negativ.
16. Phosphatide und Nukleinsäuren gehören dem lebenden System an.
17. Beide Stoffgruppen nehmen im Verlaufe der Vegetation ab.
18. Stickstoff ist in der Lage, die Gehalte an Nukleinsäuren und Phosphatiden zu erhöhen.

K Literaturverzeichnis

1. Amberger, A., 1954: Einfluß des Kaliums und Stickstoffs auf Ferment- u. Kohlenhydrathaushalt von Grünlandpflanzen
Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 66, 211-222
2. Amthor, C., 1885: Über das Nuklein der Weinkerne. Reifestudien an Weinkernen
Hoppe-S. Z. physiol. Chem. 9, 138-144
3. Becker, M., 1955/56: Untersuchungen über den wirklichen Gehalt an Rohfett, Reinfett und essentiellen Fettbestandteilen im landwirtschaftlichen Grundfutter.
1. Mitt.
Archiv Tierern. 6, 139
4. Bergt, K., 1963: Hafer als Futterpflanze. Untersuchungen über Stoffaufnahme, Stoffbildung und Stoffwanderung
Z. Acker- u. Pflanzenbau 117, 313-341
5. Burström, H., 1954: Mineralstoffwechsel
Fortschritte der Botanik 15, 301
6. Burström, H. u. V. Tullin, 1957: Observations on chelates and root growth
Physiol. Plantarum 10, 406
7. Butt, V.S. and H. Beevers, 1966: The Plant Lipids
In: Plant Physiology (Ed. by Steward), Volume IV.B.
8. Grössmann, G., 1957: Standraum und Stoffproduktion
Z. Acker- u. Pflanzenbau 125, 232-253
9. Dougall, H.W., 1963: Changes in the chemical composition of plants during growth in the field
East African agric. Forestry 28, Nr.3, 182-189
Angaben aus Landw. Zentralbl. 1963, S. 2908

10. Florell, C., 1957: Calcium, mitochondria and ion uptake
Physiol. Plantarum 10, 781
11. Fries, N., 1952: Variations in the content of phosphorus, nucleic acid and adenine in the leaves of some deciduous trees during autumn
Plant and Soil (The Hague) 4, 29-42
12. Gericke, S. u. B. Kurmies, 1952: Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung mit Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 59 (104), 235-247
13. Giesecke, F. u. K. Schmalfuß, 1942: Über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf Kohlenhydrat- und Eiweißhaushalt von Weidelgras
Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 26 (71), 195-197
14. Judel, G.K. u. S. Heilenz, 1969: Erfahrungen in der Mineralstoffanalyse von biologischem Material mit Hilfe des Atom-Absorptions-Spektrophotometers SP 90
Leitz Mitt. für Wiss. u. Technik, Heft 7, Bd.4, 217-220
15. Kasanakaja, L.N., 1960: Über den Phosphorstoffwechsel in der Ontogenese des Sommerweizens
Pflanzenphysiologie 7, 234-237, Leningrad, Angaben aus Landw. Zentralblatt 1961, S. 1073
16. Kivimäe, A., 1965: Timotf höets sammansättning smältbarhet rid framskridande skördestadier
Lantbrukshögskolans Medd., Ser.A, Nr.37, 1-23
Angaben aus Landw. Zentralblatt 1966, S. 1586
17. Kolbe, G., 1956: Über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag, Zuckergehalt und N-haltige Substanzen der Zuckerrübe
Z. Landw.Vers. u. Untersuchungsw. 2, 457-477

18. Kopetz, L., 1951: Die Bedeutung der Stickstoffdüngung
Bodenkultur 5, 37-42
19. Kurmies, B., 1960: Über Phosphorsäureverbindungen im Getreidekorn
Die Phosphorsäure 20, 126-145
20. Lach, G., 1969: Der Einfluß einer variierten Stickstoffernährung und einer variierten Temperatur auf den Eiweißhaushalt des Sommerweizens
Diss. Gießen
21. Lefebvre, J. u. E. Joliet, 1968: Etude des variations de la composition protidique et glucidique des parties aériennes du dactyle (influence des fertilisations azotées) Deuxième partie
Ann. agronom. 19, Nr. 3, 379-396
Angaben aus Landw. Zentralblatt 1969, S. 1151
22. Leithe, W., 1961: Absorptions-Flammenphotometrie in der analytischen Chemie
Angewandte Chemie 73, 488-492
23. Levitt, L.S., 1954: The role of magnesium in photosynthesis
Science 120, 33
24. Linser, H., 1952: Das Problem des Todes
Sammlung "Biologie" Bd. 12, 26-42, 48-62
25. Linser, H., 1956: Charakteristik und Definition des lebenden Systems
In: Grundlagen der allgemeinen Vitalchemie (Hrsg.: H. Linser), Urban und Schwarzenberg Verlag, Wien, Bd. 5, 1-42
26. Linser, H., 1957: Die pflanzenphysiologische Wirkung der Makronährstoffe (N, P, K, Ca, Mg) im Lichte der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse
100 Jahre erfolgreiche Düngewirtschaft
Generalbericht des III. Weltkongresses für Düngungsfragen (Heidelberg, September 1957)
145-162

27. Linser, H., 1963: Vom biologischen Phänomen des Wachstums
In: Festschrift zum 75jährigen Jubiläum des Verb. Dt. Landw. Unters.- u. Forschungsanstalten
D.J. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/M., 48-63
28. Linser, H., 1967: Das Wachstum lebender Systeme
Umschau in Wiss. u. Technik, Heft 12, 381-387
29. Linser, H. u. G. 1968: Systemwachstum und Produktwachstum bei Weizen und Ölrrettich
Lach u. L. Titze, Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 121, 199-211
30. Linser, H., 1969: Wachstum und Ertragsbildung
In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung (Hrsg.: H. Linser), Springer Verlag, Wien, Bd.1
31. Linser, H., 1954/55: Versuche mit hohen, geteilten Stickstoffgaben
Landw. Forschung 7, 105-113
32. Linser, H. u. 1953: Stickstoffdüngung mit hohen, geteilten Gaben
E. Primost, II. Feldversuch zu Winterweizen
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 63, 18-30
33. Linzbach, A.J., 1955: Quantitative Biologie und Morphologie des Wachstums
In: Handbuch d. allg. Pathologie, Bd.6, 180
34. Linzbach, A.J., 1962: Das biologische Wachstum
Naturwissenschaften 42, 368-372
35. Mayr, H.H. u. 1965: Untersuchungen über die Einlagerung von Gerüstsubstanzen
H. Bayzer, in Weizenhalmen nach Anwendung von Chlorcholinchlorid (CCC)
Z. Acker- u. Pflanzenbau 121, 295-299
36. Meissl, E., 1935: Zuckerbestimmung durch Reduktionsmethoden
In: Handbuch d. Lebensmittelchemie, S. 860

37. Mengel, K., 1961: Aufnahme und Verteilung von K und Ca in der höheren Pflanze
Kalibriefe 5, Februar 1961
38. Mengel, K., 1965: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze
Gustav Fischer Verlag, Jena
39. Michael, G., 1939: P-Fraktionien im Haferkorn und Spinatblättern in Abhängigkeit verschiedener Phosphordüngung
Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 14 (59), 143-172
40. Nehring, K. u. M. Beyer, 1965: Über Zusammensetzung und Futterwert von Grünroggen in Abhängigkeit von Schnittzeit, Stickstoffdüngung und Sorte
Archiv Tierernähr. 15, 282-308
41. Nehring, K. u. M. Beyer, 1966: Über Zusammensetzung und Futterwert von Grünhafer in Abhängigkeit von Schnittzeit und Stickstoffdüngung
Archiv Tierernähr. 16, 103-124
42. Neumann, K.H., 1965: Wurzelbildung und Nukleinsäuregehalt bei Phloem-Gewebekulturen der Karottenwurzel auf synthetischem Nährmedium verschiedener Hormonkombination
Le Phytohormones et L'organogénèse
Congrès international tenu à l'Université de Liège du 3 au 5 juin 1965, Volume 38
43. Nienstedt, E.F., 1969: Einfluß von Stickstoff auf die Entwicklung von Inhaltsstoffen bei Grünhafer
Z. Acker- u. Pflanzenbau 129, 331-354
44. Paech, K., 1956: Allgemeine Maßnahmen der Bestimmung bei der Aufarbeitung von Pflanzenmaterial
In: K. Paech u. M.V. Tracey: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse, Bd.1, 1-25
45. Podusowska, I., 1963: Zawartość niektórych składników mineralnych i karotenu w zielonce sianie i kiszonce owsa, uzyskanych z surowka

- zabrenego w rózných okrisach
wegetacji
Roczniki Nauk volniczych,
Ser. B83, Nr.3, 465-478
46. Primost, E., 1964: Ertrag und Qualität von Silo-
mais in Abhängigkeit von
Stickstoffdüngung und Witte-
rung
Das Wirtschaftseigene Futter
10, 10-22
47. Pfützer, G. u. 1942: Der Phosphatidgehalt von
H. Roth, Pflanzen in Abhängigkeit von
ihrer Mineralstoffernährung
Die Chemie 55, 289
48. Pfützer, G., C. 1953: Die Vitaminbildung der höhe-
Pfaff u. H. Roth, ren Pflanze in Abhängigkeit
von der Ernährung
Landw. Forschung 4, 105-118
49. Rewald, B. u. 1933: Biochemische Zeitschrift
W. Riede, 260, 146-152
50. Rössle, R.. 1923: Wachstum und Altern
München, Bergmann
51. Scharrer, K., 1948: Zur Bestimmung der Rohfaser
in Futter- und Nahrungsmitteln
Z. Pflanzenernähr., Düng.,
Bodenkunde 40, 54-60
52. Scharrer, K., 1956: Agrikulturchemie II
Futtermittelkunde, Berlin
53. Scharrer, K. u. 1960: Über das vorübergehende Auf-
K. Mengel, treten sichtbaren Magnesium-
mangels bei Hafer
Agrochimica IV, 3-24
54. Schmalfuß, K., 1940: Die Bedeutung der Phosphor-
säure in den vegetativen
Organen der Pflanze
Phosphorsäure 8/9, 404
55. Schmalfuß, K., 1940: Über die Wandlung der Phos-
phorverbindungen in der rei-
fenden Maisfrucht, in Son-
derheit bei verschiedener
Ernährung der Pflanze
Z. Pflanzenernähr., Düng.,
Bodenkunde 20, 151-177
56. Schmalfuß, K., 1951: Über die Wirkung der Phos-
phatdüngung auf die Bildung
phosphorhaltiger Verbindungen
im Getreidekorn

- Z. Pflanzenernähr., Düng.,
Bodenkunde 53, 155-159
57. Schulze, W., 1964: Stickstoffdüngung und Zuckerbildung bei Mais
Albrecht-Thaer-Archiv 8, 711
58. Seibert, A., 1939: Der Einfluß von gesteigerten Stickstoffgaben auf Ertrag und Güte einiger Zwischenfrüchte
Landw. Jahrb. 87, 112-158
59. Sekera, F., 1928: Mineralstoffwechsel der Gerste
Z. Pflanzenernähr., Düng.,
Bodenkunde, Bd.VII, 533-539
60. Shaaban, S., 1968: Der Einfluß gesteigerter Stickstoffgaben auf Ertrag und Futterwert von Grünmais
Diss. Gießen
61. Skirde, W., 1968: Hafer als Hauptfruchtfruterpflanze
Z. Acker- u. Pflanzenbau
128, 17-45
62. Smillie, R.M. u. 1961: Changing of the dry weight, protein, nucleic acid and chlorophyll content of growing pea leaves
G. Krotokow, Canad. J. Bot. 39, 891-900
Angaben aus Landw. Zentralblatt 1962, S. 1510
63. Smith, D., 1960: Yield and chemical composition of oats for forage with advance in maturity
Agronomy J. 52, 637-639
64. Specht, G., 1957: Der Anbau von Grün- und Silomais in den Bezirken Cottbus, Frankfurt (Oder) und Potsdam auf Grund neuer Versuchsergebnisse
Dtsch. Landw. 8, 168-171
65. Stählin, A., u. 1969: Stickstoffdüngung und Mineralstoffgehalt von Grünhafer
E.F. Nienstedt, Kali-Briefe, Fachgebiet 4, 3. Folge
66. Steger, H., K. 1961: Über Erträge verschiedener Maissorten und die Veränderung in der Zusammensetzung während ihres Wachstums
Kasdorf u. F. Püschel,

- Z. Landw. Versuchs- u. Untersuchungswesen 7, 58-73
67. Tellheim. E., 1968: Untersuchungen über den Nährstoffbedarf und Gehalt der Luzerne in verschiedenen Entwicklungsstadien
Albrecht-Thaer-Archiv 12, 821-828
68. Vollejdt, L.P. u. A.T. Tisčenko, 1968: K roposu opredelenija soedinenij fosfora v rastenijach
Agrochimica, Moskva, Nr.6, 129-133
Angaben aus Landw. Zentralblatt 1969
69. Wagner, H., 1932: Zum Wachstumsverlauf verschiedener Getreidearten insbesondere von Hafer
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 25, 48-102
70. Wagner, H., 1932: Zum Wachstumsverlauf verschiedener Nutzpflanzen
Mitt. III.
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 26, 8
71. Weiss, P., 1949: Differential growth
In: Chemistry and Physiology of growth (Ed. by: A.K. Parpart), S. 135
72. Wenzel, W., 1956: Entwicklung einer Methode zur Bestimmung von Phytin-, Eiweißphosphorsäure und anorganischer Phosphorsäure in Pflanzensubstanz
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 75 (120), 191-203
73. Wenzel, W., 1956: Entwicklung einer Methode zur Bestimmung von Phosphatid-Phosphor in Pflanzensubstanz
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 75 (120), 143-161
74. Wenzel, W., 1957: Der Einfluß der Versorgung der Pflanzen mit Phosphorsäure auf ihren Gehalt an phosphorhaltigen Verbindungen
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 79 (124) 247-260

75. Wiese Müller, W., 1963: Stickstoffdüngung und Inhaltsstoffe in verschiedenen Futterpflanzen
Z. Landw. Versuchs- und Untersuchungswesen 9, 199-213

A n h a n g

Tab.2 Trockensubstanzerträge der vegetativen Pflanzen-
teile des Weizens in g TS/Pflanze bei den drei
Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	0,01	0,01	0,01
II.	0,02	0,02	0,02
III.	0,06	0,07	0,09
IV.	0,15	0,14	0,16
V.	0,23	0,24	0,25
VI.	0,32	0,34	0,40
VII.	0,45	0,59	0,71
VIII.	0,73	0,93	1,11
IX.	1,08	1,42	1,84
X.	1,70	2,15	2,88
XI.	2,00	2,92	3,95
XII.	2,41	3,63	4,69
XIII.	3,00	4,63	6,04
XIV.	3,19	5,10	6,53
XV.	3,25	5,54	6,82
XVI.	3,20	5,64	7,00
XVII.	2,79	4,77	6,08
XVIII.	2,61	4,54	5,86
XIX.	2,45	4,31	5,34
XX.	2,20	4,01	5,29

Trockensubstanzerträge der generativen Pflanzenteile
in g Trockensubstanz/Pflanze

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	0,43	0,73	0,87
XVII.	0,87	1,67	1,99
XVIII.	1,15	2,30	2,84
XIX.	1,24	2,54	3,14
XX.	1,30	2,67	3,49

Trockensubstanzerträge der generativen und vegetativen
Pflanzenteile in g Trockensubstanz/Pflanze

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	3,62	6,37	7,87
XVII.	3,65	6,44	8,07
XVIII.	3,76	6,84	8,69
XIX.	3,69	6,85	8,47
XX.	3,50	6,68	8,77

Tab.3 Wassergehalte des Weizens 1968 in mg H₂O/Pflanze
bei den drei Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	55	41	40
II.	138	110	120
III.	316	260	250
IV.	780	770	830
V.	1200	1420	1500
VI.	1320	1620	2070
VII.	1780	2710	3430
VIII.	3100	5180	6560
IX.	3240	6190	9490
X.	4910	8900	12980
XI.	5200	9970	16050
XII.	6370	12400	18530
XIII.	6710	12540	17990
XIV.	6090	12210	15920
XV.	5480	10350	14680
XVI.	4950	9760	12220
XVII.	5270	8570	10520
XVIII.	4590	7220	8840
XIX.	4810	6220	7680
XX.	1360	1750	1470

Tab.4 Wassergehalte des Weizens 1968 in % der Frisch-
substanz bei den drei Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	85,94	80,39	83,33
II.	86,25	84,62	85,71
III.	83,16	78,79	73,53
IV.	83,87	84,62	83,84
V.	83,92	85,54	85,71
VI.	80,49	82,65	83,81
VII.	79,82	82,12	82,85
VIII.	80,94	84,78	85,53
IX.	75,00	81,34	83,76
X.	74,28	80,54	81,84
XI.	72,22	77,35	80,25
XII.	72,55	77,35	79,80
XIII.	69,10	73,03	74,86
XIV.	65,63	70,54	70,91
XV.	62,77	65,14	68,28
XVI.	57,76	60,51	60,83
XVII.	59,08	57,10	56,59
XVIII.	54,97	51,35	50,43
XIX.	64,13	47,59	47,55
XX.	27,98	20,76	14,66

Tab.5 Rohfettgehalte der vegetativen Pflanzenteile
des Weizens bei der Düngungsstufe 1,8g N/Gefäß

Ernte	mg Rohfett pro g TS	mg Rohfett pro Pflanze
I.	88,0	0,62
II.	120,0	2,40
III.	93,0	8,37
IV.	110,3	17,64
V.	177,8	43,40
VI.	118,4	45,14
VII.	73,5	51,80
VIII.	73,0	80,35
IX.	60,6	111,38
X.	48,2	138,80
XI.	39,0	154,01
XII.	37,6	176,03
XIII.	34,0	205,35
XIV.	30,6	199,41
XV.	39,9	271,92
XVI.	26,1	181,77
XVII.	24,4	147,80
XVIII.	27,4	150,63
XIX.	18,3	97,22
XX.	16,7	88,31

Rohfettgehalte der generativen Pflanzenteile

Ernte	mg Rohfett pro g TS	mg Rohfett pro Pflanze
XVI.	36,5	31,61
XVII.	29,4	57,61
XVIII.	29,3	82,93
XIX.	30,1	94,29
XX.	30,9	109,09

Rohfettgehalte der generativen und vegetativen
Pflanzenteile

Ernte	mg Rohfett pro Pflanze
XVI.	213,38
XVII.	205,41
XVIII.	233,56
XIX.	191,51
XX.	197,40

Tab.6 Rohfasergehalte bei Weizen 1968 in mg Rohfaser/g TS
bei den drei Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	110,06	114,98	124,20
II.	125,72	119,47	118,95
III.	124,58	116,90	114,11
IV.	138,92	128,67	124,21
V.	161,02	157,94	147,90
VI.	154,69	160,23	149,37
VII.	158,45	154,60	140,80
VIII.	184,89	196,92	182,31
IX.	193,86	222,33	209,94
X.	222,39	251,80	259,04
XI.	226,33	252,97	271,60
XII.	268,06	292,59	304,17
XIII.	281,15	303,49	304,21
XIV.	276,88	302,25	315,49
XV.	272,24	287,22	300,52
XVI.	303,37	318,50	322,84
XVII.	320,58	353,83	352,26
XVIII.	360,07	392,25	391,44
XIX.	353,59	414,10	418,43
XX.	393,93	423,55	431,97

Rohfasergehalte in den Körnern in mg Rohfaser/g TS

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	42,67	40,87	39,81
XVII.	30,22	28,61	31,08
XVIII.	24,90	23,53	24,60
XIX.	26,49	25,57	21,82
XX.	30,49	29,86	23,46

Tab.7 Rohfasergehalte der vegetativen Pflanzenteile
in mg Rohfaser/Pflanze bei den drei Düngungs-
varianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	0,99	1,15	0,87
II.	2,77	2,39	2,38
III.	7,97	8,23	10,27
IV.	20,15	18,02	19,88
V.	36,23	37,12	36,17
VI.	49,48	54,43	58,99
VII.	71,38	90,61	99,26
VIII.	134,09	183,72	201,78
IX.	208,40	315,57	386,35
X.	377,36	540,55	745,98
XI.	453,08	737,32	1072,81
XII.	646,04	1060,81	1426,19
XIII.	843,44	1404,57	1837,45
XIV.	883,19	1541,53	2058,49
XV.	883,22	1591,17	2048,00
XVI.	969,26	1795,92	2259,14
XVII.	892,75	1687,59	2139,73
XVIII.	938,00	1780,87	2291,86
XIX.	866,16	1782,94	2232,30
XX.	866,64	1697,34	2282,79

Rohfasergehalte der generativen Pflanzenteile in
mg Rohfaser/Pflanze

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	18,14	29,59	34,39
XVII.	26,14	47,65	61,84
XVIII.	28,64	54,15	69,77
XIX.	32,73	64,94	68,52
XX.	39,43	79,37	81,79

Rohfasergehalte der generativen und vegetativen
Pflanzenteile in mg Rohfaser/Pflanze

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	987,40	1825,51	2293,53
XVII.	918,89	1735,24	2201,57
XVIII.	966,64	1835,02	2361,63
XIX.	898,89	1847,88	2300,82
XX.	906,07	1776,71	2364,58

Tab.8 Gehalte an gesamthydrolysierbaren Kohlenhydraten
der vegetativen Pflanzenteile des Weizens in
mg Invertzucker der Düngungsvarianten 0,6 und
1,8g N/Gefäß

Ernte	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.
	mg Invertzucker/g TS	mg Invertzucker/g TS	mg Invertzucker/Pfl.	mg Invertzucker/Pfl.
II.	154,0	115,8	3,39	2,32
III.	148,2	132,2	9,49	11,90
IV.	170,0	120,2	25,50	19,23
VI.	191,8	175,5	61,36	69,42
VIII.	189,7	168,3	136,92	185,85
XII.	224,3	200,4	540,60	939,66
XVI.	247,6	178,7	790,93	1251,37
XIX.	266,6	226,7	653,12	1206,26

Tab.9 Systemgehalte und Syntheseleistungen des Systems von
Weizen der Düngungsstufe 0,6g N/Gefäß

vegetative Pflanzenteile

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System-Protein- zuwachs pro Tag	% synthe- seleist.	in 4-Ta- ge Ab- schnitt- ten	mg Gesamt- zuwachs pro Tag	mg Produkt- zuwachs pro Tag	% Pro- dukt- synthe- seleist.	in 4- Tage Ab- schnitt- sch
I.	7,66							
II.	19,21	2,31	30,2		2,60	0,29	3,8	
III.	49,90	6,12	31,9	18,6	8,40	2,28	11,9	
IV.	95,01	5,01	10,0		9,56	4,55	9,1	9,9
V.	105,34	2,07	2,2		16,00	13,93	14,7	
VI.	139,29	5,66	5,4		15,00	9,34	8,9	
VII.	209,85	10,09	7,2		18,57	8,48	6,1	
VIII.	296,54	12,53	6,0	5,2	40,00	27,47	13,1	14,0
IX.	319,70	5,79	2,0		87,50	81,71	27,6	
X.	345,58	4,31	1,3		103,33	99,02	31,0	
XI.	340,56	- 1,00	- 0,3		60,00	61,00	17,7	
XII.	321,29	- 2,95	- 0,9	0,2	58,57	61,52	18,1	23,7
XIII.	337,59	2,72	0,8		98,33	95,61	29,8	
XIV.	323,17	- 4,81	- 1,4		63,33	68,14	20,2	
XV.	326,04	0,72	0,2		15,00	14,28	4,4	
XVI.	217,54	-15,50	- 4,8	- 2,2	- 7,14	8,36	2,6	2,0
XVII.	163,88	- 5,96	- 2,7		-47,78	-41,82	-19,2	
XVIII.	102,50	- 6,82	- 4,2		-17,78	-10,96	- 6,7	
XIX.	96,23	- 1,25	- 1,2		-13,00	-28,75	-28,1	
XX.	100,19	0,31	0,3		-20,00	-20,31	-21,1	

generative Pflanzenteile

XVI.	128,27							
XVII.	206,42	8,68	6,8		48,89	40,21	31,3	
XVIII.	256,18	5,53	2,7		31,11	25,58	12,4	
XIX.	276,21	4,01	1,6		10,00	5,99	2,3	
XX.	285,71	0,73	0,3		4,62	3,89	1,4	

Tab.9a Systemgehalte und Syntheseleistungen des Systems von
Weizen der Düngungsstufe 1,2g N/Gefäß

vegetative Pflanzenteile

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System- zuwachs pro Tag	% Prote- insyn- these- leist.	in 4- Tage Ab- schnit- ten	mg Gesamt- zuwachs pro Tag	mg Produkt- zuwachs pro Tag	% Pro- dukt- synthe- seleist.	in 4- Tage Ab- schn.
I.	9,01							
II.	18,02	1,80	19,9		2,00	0,20	2,2	
III.	59,04	8,20	45,5		10,00	1,80	10,0	
IV.	98,31	4,37	7,4	22,0	7,78	3,41	5,8	6,4
V.	152,23	10,78	11,0		20,00	9,22	9,4	
VI.	184,11	5,31	3,5		16,67	11,36	7,5	
VII.	363,89	25,68	13,9		35,71	10,03	5,4	
VIII.	575,45	30,22	8,3	7,4	48,57	18,35	5,0	8,9
IX.	663,53	22,02	3,8		122,50	100,48	17,5	
X.	712,34	8,14	1,2		121,67	113,53	17,1	
XI.	807,51	19,03	2,7		154,00	134,97	18,9	
XII.	764,25	- 6,18	- 0,8	1,4	101,43	101,61	13,4	17,8
XIII.	774,64	1,73	0,2		166,67	164,94	21,6	
XIV.	831,40	18,92	2,4		156,67	137,75	17,8	
XV.	749,56	-20,92	- 2,5		110,00	130,92	15,7	
XVI.	565,82	-26,25	- 3,5	-1,9	15,71	41,96	5,6	6,4
XVII.	369,93	-21,77	- 3,9		-97,78	-76,01	-13,4	
XVIII.	262,19	-11,97	- 3,2		-25,56	-13,59	- 3,7	
XIX.	209,09	-10,62	- 4,1		-48,00	-38,38	-14,6	
XX.	206,45	- 0,20	- 0,1		-22,31	-22,11	-10,6	

generative Pflanzenteile

XVI.	228,13							
XVII.	463,49	26,15	11,5		104,44	78,29	34,3	
XVIII.	579,12	12,85	2,8		70,00	57,15	12,3	
XIX.	675,58	19,29	3,3		48,00	28,71	5,0	
XX.	716,33	3,13	0,5		10,00	6,87	1,0	

Tab.9b Systemgehalte und Syntheseleistungen des Systems von
Weizen der Düngungsstufe 1,8g N/Gefäß

vegetative Pflanzenteile

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System- zuwachs pro Tag	% Prote- insyn- these- leist.	in 4- Tage Ab- schnit- ten	mg Gesamt- zuwachs pro Tag	mg Produkt- zuwachs pro Tag	% Pro- dukt- synthe- seleist.	in 4- Tage Ab- schn.
I.	6,47							
II.	18,28	2,36	36,5		2,60	0,24	3,7	
III.	76,49	11,64	63,7	28,8	14,00	2,36	12,9	
IV.	121,97	5,05	6,6		7,78	2,73	3,6	6,6
V.	173,75	10,36	8,5		18,00	7,64	6,3	
VI.	266,51	15,46	8,9		25,00	9,54	5,5	
VII.	498,60	33,01	12,4		44,29	11,28	4,2	
VIII.	713,20	30,66	6,2	9,3	57,10	26,48	5,3	7,8
IX.	984,89	67,92	9,5		182,50	114,58	16,1	
X.	1073,00	14,69	1,5		173,33	158,64	16,1	
XI.	1393,46	64,09	6,0		214,00	149,91	14,0	
XII.	1310,89	-10,37	-0,7	1,6	105,71	116,08	8,3	14,0
XIII.	1289,61	-3,55	-0,3		225,00	228,55	17,4	
XIV.	1308,02	6,14	0,5		163,33	157,19	12,2	
XV.	1330,10	5,52	0,4		72,50	66,98	5,1	
XVI.	787,71	-77,48	-5,8	-2,4	27,14	104,62	7,9	4,3
XVII.	451,44	-37,36	-4,7		-101,11	-63,75	-8,1	
XVIII.	398,38	-5,90	-1,3		-26,66	-20,76	-4,6	
XIX.	264,33	-26,81	-6,7		-104,00	-77,19	-19,4	
XX.	261,86	-0,19	-0,1		-4,62	-4,43	-1,7	

generative Pflanzenteile

XVI.	323,00							
XVII.	694,12	41,24	12,8		124,44	83,20	25,8	
XVIII.	938,12	27,11	3,9		94,44	67,33	9,7	
XIX.	1017,56	15,89	1,7		60,00	44,11	4,7	
XX.	1109,10	7,04	0,7		26,92	19,88	2,0	

Tab.10 Rohaschegehalte der vegetativen Pflanzenteile
des Weizens der Düngungsvarianten 0,6g N/Gefäß
und 1,8g N/Gefäß

Ernte	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.		0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.	
	in mg/g TS		in mg/Pfl.	
I.	249,48	201,30	2,25	1,41
II.	160,32	132,30	3,53	2,65
III.	195,64	171,00	12,52	15,39
IV.	151,32	161,10	22,70	25,72
V.	157,20	142,82	36,16	35,01
VI.	146,10	148,83	46,75	58,94
VII.	137,82	130,86	61,76	92,26
VIII.	113,76	135,71	82,42	150,89
IX.	101,91	129,35	108,97	238,04
X.	88,87	95,25	150,34	274,31
XI.	78,44	87,81	156,15	346,92
XII.	73,40	77,48	176,89	363,69
XIII.	57,72	62,27	173,10	376,07
XIV.	62,22	62,71	198,42	409,21
XV.	58,41	56,33	189,91	383,88
XVI.	51,59	45,18	164,83	315,74
XVII.	52,01	46,54	144,80	282,86
XVIII.	58,58	53,46	152,58	313,21
XIX.	58,49	45,62	143,31	243,05
XX.	59,32	45,00	130,49	237,78

Rohaschegehalte der generativen Pflanzenteile des
Weizens der Düngungsstufen 0,6 und 1,8g N/Gefäß

Ernte	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.	0,6g N/Gef. 1,8g N/Gef.
	in mg/g TS		in mg/Pfl.	
XVI.	24,79	22,70	10,51	19,63
XVII.	21,35	16,88	18,47	33,59
XVIII.	19,73	14,20	22,69	40,25
XIX.	19,02	13,17	23,45	41,27
XX.	17,30	12,86	23,01	44,80

Rohaschegehalte der generativen und vegetativen Pflanzen-
teile des Weizens in mg/Pflanze der Düngungsstufen
0,6 und 1,8g N/Gefäß

Ernte	0,6g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	175,34	335,37
XVII.	163,27	316,45
XVIII.	175,27	353,46
XIX.	166,76	284,32
XX.	153,50	282,58

Tab.11 Nährstoffgehalte der vegetativen Pflanzenteile
des Weizens in mg/g TS der Düngungsstufe
0,6g N/Gefäß

Ernte	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn
I.	39,6	0,65	2,86	2,40	3,42	0,136
II.	52,0	0,73	5,30	2,28	0,51	0,040
III.	44,0	0,32	4,14	1,88	1,09	0,100
IV.	36,0	0,31	4,42	1,44	0,70	0,112
V.	34,0	0,47	3,83	1,40	0,66	0,090
VI.	36,2	0,64	3,64	1,48	0,59	0,099
VII.	34,5	0,59	3,28	1,44	0,56	0,093
VIII.	32,0	0,38	2,88	1,33	0,27	0,080
IX.	27,0	0,37	2,07	1,02	0,24	0,065
X.	21,4	0,23	2,05	0,84	0,20	0,062
XI.	18,0	0,26	1,54	0,70	0,26	0,037
XII.	14,3	0,19	1,37	0,66	0,25	0,034
XIII.	11,0	0,14	1,07	0,60	0,19	0,037
XIV.	10,1	0,16	1,14	0,62	0,26	0,031
XV.	9,8	0,14	1,06	0,57	0,20	0,029
XVI.	8,5	0,15	1,04	0,45	0,11	0,026
XVII.	8,2	0,16	1,02	0,41	0,11	0,019
XVIII.	8,3	0,15	1,17	0,38	0,13	0,012
XIX.	8,7	0,17	1,42	0,43	0,11	0,012
XX.	6,9	0,21	1,34	0,40	0,17	0,022

Nährstoffgehalte der generativen Pflanzenteile in mg/g TS

Ernte	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn
XVI.	7,05	0,047	0,76	1,32	0,060	0,032
XVII.	5,50	0,034	0,38	1,02	0,048	0,029
XVIII.	4,85	0,029	0,30	0,90	0,033	0,029
XIX.	4,60	0,030	0,31	0,83	0,023	0,024
XX.	4,25	0,025	0,24	0,83	0,023	0,024

Tab.12 Nährstoffgehalte der vegetativen Pflanzenteile
des Weizens in mg/Pflanze der Düngungsstufe
0,6g N/Gefäß

Ernte	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn
I.	0,36	0,01	0,03	0,02	0,03	0,001
II.	1,14	0,02	0,12	0,05	0,01	0,001
III.	2,82	0,02	0,27	0,12	0,07	0,006
IV.	5,40	0,05	0,66	0,22	0,11	0,017
V.	7,82	0,11	0,88	0,32	0,15	0,021
VI.	11,58	0,21	1,17	0,47	0,19	0,032
VII.	15,53	0,27	1,48	0,65	0,25	0,042
VIII.	23,36	0,28	2,10	0,97	0,20	0,058
IX.	29,16	0,40	2,24	1,10	0,26	0,070
X.	36,38	0,39	3,49	1,43	0,34	0,105
XI.	36,00	0,52	3,08	1,40	0,52	0,074
XII.	34,46	0,46	3,30	1,59	0,60	0,082
XIII.	33,00	0,42	3,21	1,80	0,57	0,111
XIV.	32,22	0,51	3,64	1,98	0,83	0,099
XV.	31,85	0,46	3,45	1,85	0,65	0,094
XVI.	27,20	0,50	3,33	1,44	0,35	0,083
XVII.	22,88	0,45	2,85	1,14	0,31	0,053
XVIII.	21,66	0,39	3,05	0,99	0,34	0,031
XIX.	21,32	0,42	3,48	1,05	0,27	0,029
XX.	15,18	0,46	2,95	0,88	0,37	0,049

Nährstoffgehalte der generativen Pflanzenteile des
Weizens in mg/Pflanze

Ernte	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn
XVI.	3,032	0,020	0,327	0,568	0,026	0,014
XVII.	4,785	0,030	0,331	0,887	0,042	0,025
XVIII.	5,578	0,033	0,345	1,035	0,038	0,033
XIX.	5,704	0,037	0,384	1,029	0,029	0,030
XX.	5,525	0,033	0,312	1,079	0,029	0,031

Nährstoffgehalte der generativen und vegetativen
Pflanzenteile des Weizens in mg/Pflanze

Ernte	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn
XVI.	30,23	0,52	3,66	2,01	0,38	0,097
XVII.	27,67	0,48	3,18	2,03	0,35	0,078
XVIII.	27,24	0,42	3,40	2,03	0,38	0,064
XIX.	27,02	0,46	3,86	2,08	0,30	0,059
XX.	20,71	0,49	3,26	1,96	0,40	0,079

Tab.13 Phosphorgehalte der vegetativen Pflanzenteile
des Weizens in mg P/g TS bei den drei
Düngungsvarianten 0,6, 1,2 und 1,8g N/Gefäß

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	6,57	6,60	6,54
II.	5,03	5,00	4,87
III.	5,09	5,03	4,84
IV.	4,88	4,64	4,85
V.	4,23	4,57	4,73
VI.	3,89	3,74	4,09
VII.	3,29	3,50	3,43
VIII.	3,21	3,58	3,67
IX.	2,47	2,62	2,99
X.	1,99	2,20	1,91
XI.	1,80	1,72	1,87
XII.	1,58	1,62	1,45
XIII.	1,30	1,30	1,29
XIV.	1,32	1,16	1,09
XV.	1,24	1,02	1,16
XVI.	0,79	0,65	0,59
XVII.	0,52	0,46	0,44
XVIII.	0,35	0,28	0,33
XIX.	0,28	0,20	0,21
XX.	0,26	0,19	0,21

Phosphorgehalte der generativen Pflanzenteile des
Weizens in mg P/g TS

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	3,68	3,65	3,55
XVII.	2,79	2,71	2,59
XVIII.	2,39	2,35	2,28
XIX.	2,51	2,29	2,20
XX.	2,82	2,34	2,31

Tab.14 Phosphorgehalte der vegetativen Pflanzenteile
des Weizens in mg P/Pflanze bei den drei
Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	0,06	0,07	0,05
II.	0,11	0,10	0,10
III.	0,33	0,35	0,44
IV.	0,71	0,65	0,78
V.	0,95	1,07	1,16
VI.	1,24	1,27	1,62
VII.	1,47	2,05	2,42
VIII.	2,33	3,29	4,05
IX.	2,65	3,72	5,50
X.	3,38	4,71	5,51
XI.	3,60	5,00	7,37
XII.	3,81	5,88	6,77
XIII.	3,89	5,98	7,80
XIV.	4,21	5,90	7,12
XV.	4,01	5,63	7,91
XVI.	2,51	3,67	4,14
XVII.	1,44	2,17	2,68
XVIII.	0,90	1,27	1,94
XIX.	0,68	0,86	1,12
XX.	0,57	0,77	1,09

Phosphorgehalte der generativen Pflanzenteile des Weizens in mg P/Pflanze

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	1,56	2,63	3,06
XVII.	2,41	4,51	5,14
XVIII.	2,75	5,40	6,46
XIX.	3,10	5,81	6,88
XX.	3,65	6,23	8,03

Phosphorgehalte der generativen und vegetativen Pflanzenteile des Weizens in mg P/Pflanze

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	4,07	6,30	7,20
XVII.	3,85	6,68	7,82
XVIII.	3,65	6,67	8,40
XIX.	3,78	6,67	8,00
XX.	4,22	7,00	9,12

Tab.15 Phosphor-Fractionen der vegetativen Pflanzen-
teile des Weizens der Düngungsstufe 0,6g N/Gefäß
in mg P/g TS

Ernte	alkohollös- licher,chlo- roformunlös- licher P	Phospha- tid-P	anorg. P	Nuklein- säure-P
I.	0,09	0,78	2,75	2,42
II.	0,13	0,53	3,01	0,93
III.	0,13	0,56	3,43	0,88
IV.	0,16	0,47	3,54	0,78
V.	0,15	0,39	3,11	0,59
VI.	0,10	0,23	2,69	0,59
VII.	0,10	0,25	2,10	0,66
VIII.	0,10	0,24	2,40	0,36
IX.	0,06	0,09	1,81	0,54
X.	0,05	0,10	1,47	0,41
XI.	0,08	0,09	1,22	0,40
XII.	0,05	0,06	1,10	0,34
XIII.	0,04	0,07	0,97	0,22
XIV.	0,05	0,06	0,94	0,22
XV.	0,03	0,04	0,91	0,21
XVI.	0,03	0,03	0,54	0,16
XVII.	0,02	0,02	0,39	0,09
XVIII.	0,01	0,04	0,22	0,08
XIX.	0,01	0,03	0,16	0,08
XX.	0,01	0,02	0,12	0,11

Tab.15a Phosphor-Fractionen der vegetativen Pflanzen-
teile des Weizens der Düngungsstufe 1,2g N/Gefäß
in mg P/g TS

Ernte	alkohollös- licher, chloro- formunlösli- cher P	Phospha- tid-P	anorg. P	Nuklein- säure-P
I.	0,15	0,75	2,53	2,04
II.	0,13	0,74	3,01	1,00
III.	0,12	0,48	3,41	0,84
IV.	0,14	0,48	3,14	0,81
V.	0,21	0,46	3,17	0,69
VI.	0,19	0,40	2,43	0,71
VII.	0,09	0,26	2,26	0,70
VIII.	0,09	0,31	2,64	0,48
IX.	0,04	0,04	1,73	0,70
X.	0,04	0,06	1,57	0,48
XI.	0,05	0,07	0,98	0,48
XII.	0,06	0,07	0,99	0,39
XIII.	0,06	0,08	0,88	0,22
XIV.	0,06	0,07	0,82	0,22
XV.	0,06	0,07	0,68	0,16
XVI.	0,03	0,05	0,37	0,18
XVII.	0,01	0,05	0,28	0,11
XVIII.	0,01	0,04	0,15	0,08
XIX.	0,01	0,02	0,10	0,07
XX.	0,01	0,01	0,07	0,08

Tab.15b Phosphor-Fractionen der vegetativen Pflanzen-
teile des Weizens der Düngungsstufe 1,8g N/Gefäß
in mg P/g TS

Ernte	alkohollös- licher, chlo- roformunlös- licher P	Phospha- tid-P	anorg. P	Nuklein- säure-P
I.	0,16	0,78	2,74	2,51
II.	0,15	0,48	3,15	1,11
III.	0,13	0,41	3,49	1,07
IV.	0,11	0,57	3,44	0,87
V.	0,09	0,49	3,48	0,71
VI.	0,09	0,35	2,72	0,89
VII.	0,07	0,31	2,45	0,66
VIII.	0,07	0,32	2,77	0,55
IX.	0,04	0,07	2,19	0,70
X.	0,04	0,09	1,12	0,53
XI.	0,05	0,08	1,11	0,54
XII.	0,03	0,08	0,79	0,49
XIII.	0,03	0,09	0,92	0,26
XIV.	0,04	0,07	0,82	0,19
XV.	0,04	0,07	0,80	0,24
XVI.	0,03	0,04	0,38	0,19
XVII.	0,02	0,04	0,24	0,13
XVIII.	0,02	0,04	0,21	0,08
XIX.	0,02	0,02	0,14	0,08
XX.	0,01	0,02	0,07	0,10

Phosphor-Fractionen der generativen Pflanzenteile des
Weizens in mg P/g TS

0,6g N/Gefäß

Ernte	alkohollös- licher, chlo- roformunlös- licher P	Phospha- tid-P	anorg. P	Nuklein- säure-P
XVI.	0,06	0,20	2,26	0,54
XVII.	0,04	0,16	1,31	0,53
XVIII.	0,03	0,12	1,12	0,63
XIX.	0,03	0,09	1,05	0,42
XX.	0,04	0,26	1,08	0,41

1,2g N/Gefäß

XVI.	0,07	0,25	2,59	0,38
XVII.	0,03	0,17	1,19	0,49
XVIII.	0,04	0,12	0,75	0,55
XIX.	0,04	0,12	0,67	0,42
XX.	0,07	0,16	0,84	0,62

1,8g N/Gefäß

XVI.	0,08	0,23	2,47	0,36
XVII.	0,05	0,17	1,26	0,49
XVIII.	0,03	0,11	0,82	0,48
XIX.	0,06	0,12	0,62	0,48
XX.	0,05	0,13	0,82	0,47

Tab.16 Phosphor-Fractionen der generativen Pflanzen-
teile des Weizens in % des Gesamtphosphors
bei den drei Düngungsvarianten

0,6g N/Gefäß

Ernte	Phosphatid-P	anorg. P	Nukleinsäure-P
XVI.	5,43	61,41	14,67
XVII.	5,74	46,95	19,00
XVIII.	5,02	46,86	26,36
XIX.	3,59	41,83	16,73
XX.	9,21	38,30	17,52

1,2g N/Gefäß

XVI.	6,85	70,96	10,41
XVII.	6,27	43,91	18,08
XVIII.	5,11	31,91	23,40
XIX.	5,24	29,26	18,34
XX.	6,84	35,90	26,50

1,8g N/Gefäß

XVI.	6,48	69,58	10,14
XVII.	6,56	48,65	18,92
XVIII.	4,82	35,96	21,05
XIX.	5,45	28,18	21,82
XX.	5,63	35,50	20,35

Tab.17 Phosphor-Fractionen der vegetativen Pflanzenteile
des Weizens in mg P/Pflanze der Düngungsstufe
0,6g N/Gefäß

Ernte	Phosphatid- P	anorganisches P	Nukleinsäure- P
I.	0,01	0,02	0,02
II.	0,01	0,07	0,02
III.	0,04	0,22	0,06
IV.	0,07	0,51	0,11
V.	0,09	0,70	0,14
VI.	0,07	0,86	0,19
VII.	0,11	0,94	0,30
VIII.	0,18	1,74	0,27
IX.	0,10	1,94	0,58
X.	0,16	2,51	0,69
XI.	0,17	2,43	0,79
XII.	0,15	2,64	0,82
XIII.	0,20	2,91	0,66
XIV.	0,18	3,00	0,69
XV.	0,15	2,98	0,67
XVI.	0,10	1,34	0,50
XVII.	0,06	1,08	0,27
XVIII.	0,03	0,56	0,21
XIX.	0,03	0,39	0,20
XX.	0,02	0,27	0,24

Tab.17a Phosphor-Fractionen der vegetativen Pflanzenteile
des Weizens in mg P/Pflanze der Düngungsstufe
1,2g N/Gefäß

Ernte	Phosphatid- P	anorganischer P	Nukleinsäure- P
I.	0,01	0,03	0,02
II.	0,02	0,06	0,02
III.	0,03	0,24	0,06
IV.	0,07	0,44	0,12
V.	0,10	0,75	0,16
VI.	0,14	0,83	0,24
VII.	0,15	1,33	0,41
VIII.	0,30	2,43	0,44
IX.	0,06	2,45	0,99
X.	0,12	3,36	1,02
XI.	0,21	2,85	1,40
XII.	0,24	3,58	1,41
XIII.	0,35	4,06	1,02
XIV.	0,33	4,17	1,12
XV.	0,36	3,74	0,89
XVI.	0,17	2,07	0,99
XVII.	0,05	1,34	0,53
XVIII.	0,05	0,68	0,34
XIX.	0,04	0,43	0,31
XX.	0,04	0,28	0,32

Tab. 17b Phosphor-Fractionen der vegetativen Pflanzen-
teile des Weizens in mg P/Pflanze der Düngungs-
stufe 1,8g N/Gefäß

Ernte	Phosphatid- P	anorganischer P	Nukleinsäure- P
I.	0,01	0,02	0,02
II.	0,01	0,06	0,02
III.	0,04	0,31	0,10
IV.	0,09	0,55	0,14
V.	0,12	0,86	0,18
VI.	0,14	1,07	0,32
VII.	0,22	1,73	0,47
VIII.	0,35	3,06	0,60
IX.	0,12	4,02	1,28
X.	0,26	3,23	1,53
XI.	0,32	4,39	2,12
XII.	0,36	3,70	2,23
XIII.	0,52	5,53	1,58
XIV.	0,43	5,36	1,24
XV.	0,48	5,42	1,60
XVI.	0,21	2,67	1,34
XVII.	0,12	1,46	0,76
XVIII.	0,09	1,23	0,44
XIX.	0,08	0,75	0,40
XX.	0,05	0,38	0,54

Phosphor-Fractionen der generativen Pflanzenteile
des Weizens in mg P/Pflanze

0,6g N/Gefäß

Ernte	Phosphatid- P	anorganischer P	Nukleinsäure- P
XVI.	0,09	0,96	0,23
XVII.	0,14	1,14	0,46
XVIII.	0,14	1,29	0,72
XIX.	0,12	1,29	0,59
XX.	0,34	1,40	0,53

1,2g N/Gefäß

XVI.	0,19	1,84	0,27
XVII.	0,29	1,98	0,81
XVIII.	0,27	1,72	1,25
XIX.	0,30	1,69	1,07
XX.	0,42	2,23	1,65

1,8g N/Gefäß

XVI.	0,20	2,14	0,32
XVII.	0,33	2,51	0,97
XVIII.	0,32	2,31	1,35
XIX.	0,36	1,95	1,49
XX.	0,44	2,84	1,64

Tab.18 Nukleinsäuregehalte der vegetativen Pflanzen-
teile des Weizens in mg/g TS der drei Düngungs-
varianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	30,25	25,50	31,38
II.	11,63	12,50	13,88
III.	11,00	10,50	13,38
IV.	9,75	10,13	10,88
V.	7,38	8,63	8,88
VI.	7,38	8,88	11,13
VII.	8,25	8,75	8,25
VIII.	4,50	6,00	6,88
IX.	6,75	8,75	8,75
X.	5,13	6,00	6,63
XI.	5,00	6,00	6,75
XII.	4,25	4,88	6,13
XIII.	2,75	2,75	3,25
XIV.	2,75	2,75	2,38
XV.	2,63	2,00	3,00
XVI.	2,00	2,25	2,38
XVII.	1,13	1,38	1,63
XVIII.	1,00	1,00	1,00
XIX.	1,00	0,88	1,00
XX.	1,38	1,00	1,25

Nukleinsäuregehalte der generativen Pflanzenteile des
Weizens in mg/g TS bei den drei Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	6,75	4,75	4,50
XVII.	6,63	6,13	6,13
XVIII.	7,88	6,88	6,00
XIX.	5,25	5,25	6,00
XX.	5,13	7,75	5,88

Tab.19 Nukleinsäuregehalte der vegetativen Pflanzen-
teile des Weizens in mg/Pflanze bei den drei
Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
I.	0,27	0,26	0,22
II.	0,26	0,25	0,28
III.	0,70	0,74	1,20
IV.	1,46	1,42	1,74
V.	1,70	2,07	2,22
VI.	2,36	3,02	4,45
VII.	3,71	5,16	5,86
VIII.	3,29	5,58	7,64
IX.	7,29	12,43	16,10
X.	8,72	12,90	19,09
XI.	10,00	17,52	26,66
XII.	10,24	17,71	28,75
XIII.	8,25	12,73	19,63
XIV.	8,77	14,03	15,54
XV.	8,55	11,08	20,46
XVI.	6,40	12,69	16,66
XVII.	3,15	6,58	9,91
XVIII.	2,61	4,44	5,86
XIX.	2,45	3,79	5,34
XX.	3,04	4,01	6,61

Nukleinsäuregehalte der generativen und vegetativen
Pflanzenteile des Weizens in mg/Pflanze bei den drei
Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	9,30	16,16	20,58
XVII.	8,92	16,82	22,11
XVIII.	11,67	20,36	22,90
XIX.	8,96	17,13	24,18
XX.	9,81	27,30	27,13

Nukleinsäuregehalte der generativen Pflanzenteile des
Weizens in mg/Pflanze bei den drei Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	2,90	3,47	3,92
XVII.	5,77	10,24	12,20
XVIII.	9,06	15,82	17,04
XIX.	6,51	13,34	18,84
XX.	6,67	20,69	20,52

Lebenslauf

Am 7. März 1943 wurde ich als einzige Tochter des Korrektors Karl Titze und seiner Ehefrau Marta, geb. Weigner, in Lobositz an der Elbe geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule trat ich 1953 in die Sexta eines Realgymnasiums für Mädchen in Frankfurt am Main ein, das ich 1963 mit dem Zeugnis der Reife verließ.

Meine einjährige Praktikantenzeit absolvierte ich in einer Frauenfachschule und in einem Haushalt in Frankfurt am Main.

Seit 1964 bin ich an der landwirtschaftlichen Fakultät der Justus Liebig-Universität in Gießen immatrikuliert, wo ich nach 8-semesterigem Studium der Haushalts- und Ernährungswissenschaften im April 1968 mein Diplom-examen ablegte.

Seit 1. Mai 1968 war ich mit den Arbeiten zur vorliegenden Dissertation am Institut für Pflanzenernährung beschäftigt.

